

# **Anpassung des bestehenden Straßennetzes an das Entwurfskonzept der standardisierten Straßen**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Verkehrstechnik Heft V 306**

**bast**

# **Anpassung des bestehenden Straßennetzes an das Entwurfskonzept der standardisierten Straßen**

**Pilotprojekt zur Anwendung  
des M EKLBest**

von

Christian Lippold  
Janette Wittig

Technische Universität Dresden  
Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“  
Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr  
Lehrstuhl Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 306

**bast**

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines  
B - Brücken- und Ingenieurbau  
F - Fahrzeugtechnik  
M - Mensch und Sicherheit  
S - Straßenbau  
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.  
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

## **Impressum**

**Bericht zum Forschungsprojekt: FE 18.0022/2013**  
Anpassung des bestehenden Straßennetzes an das Entwurfskonzept der standardisierten Straßen – Pilotprojekt zur Anwendung des M EKLBest

### **Fachbetreuung**

Thomas Jährig

### **Herausgeber**

Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

### **Redaktion**

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

### **Druck und Verlag**

Fachverlag NW in der  
Carl Schünemann Verlag GmbH  
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen  
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53  
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48  
[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

ISSN 0943-9331

ISBN 978-3-95606-384-8

Bergisch Gladbach, Juli 2018

## Kurzfassung – Abstract

### **Anpassung des bestehenden Straßennetzes an das Entwurfskonzept der standardisierten Straßen – Pilotprojekt zur Anwendung des M EKLBest**

Die „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (RAL) wurden im Jahr 2013 eingeführt. Sie dienen allen Neu-, Um- und Ausbaumaßnahmen von Landstraßen als Grundlage. Das Ziel der RAL ist es, durch die konsequente Standardisierung von Landstraßen das Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer zu beeinflussen und so vor allem die Verkehrssicherheit zu verbessern. Dafür definieren sie vier standardisierte Straßentypen (Entwurfsklassen (EKL)).

Der Erfolg des neuen Konzeptes der RAL setzt die Übertragung des Entwurfsprinzips der EKL auf das Bestandsnetz voraus. Dafür wird das „Merkblatt für die Übertragung des Prinzips der Entwurfsklassen nach den RAL auf bestehende Straßen“ (M EKLBest) erarbeitet. Für dieses lag bereits ein erster Entwurf vor. Der Entwurf hatte einen Stand vom 21.10.2009 und war demnach noch nicht an die aktuellen Festlegungen der RAL angepasst. Weiterhin war noch nicht abzusehen, ob und welche Probleme bei der Anwendung des Merkblattes bei konkreten Planungen auftreten können und welcher Handlungsspielraum für die Straßenbauverwaltungen in der Planungspraxis besteht.

Ziel der Untersuchung war es, die Festlegungen des M EKLBest-Entwurfes an konkreten Planungsmaßnahmen zu erproben und im Ergebnis Änderungs- und Ergänzungsvorschläge für das M EKLBest zu geben.

Es wurden deutschlandweit von den Straßenbauverwaltungen Vorschläge für Pilotstrecken gegeben. Davon wurden für jede Straßenkategorie geeignete ausgewählt. Das M EKLBest wurde anschließend an den Pilotstrecken angewendet. Dies erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den Straßenbauverwaltungen, um deren Vorstellungen und Konzepte bei der Umsetzung der RAL im Bestand zu berücksichtigen. Dabei wurde geprüft, welche Probleme bei der Anwendung aufkamen, d. h. inwieweit das M EKLBest problemlos angewendet werden konnte bzw. an welchen Stellen noch Konkretisierungs- und Anpassungsbedarf am M EKLBest-Entwurf bestand.

Aus den Ergebnissen der Fachgespräche mit den Straßenbauverwaltungen und den durchgeführten Untersuchungen wurden Änderungs- und Ergänzungsvorschläge für das M EKLBest erarbeitet. Diese dienen dem Arbeitskreis 2.2.2 „Verbesserung bestehender Straßen“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) als Diskussionsgrundlage für die Überarbeitung der Fassung des M EKLBest vom 21.10.2009.

### **Transferring standardization and recognizability on existing Roads – Pilot study (M EKLBest)**

The “Guidelines for the design of rural roads” (RAL) were released in spring 2013. It applies to new construction as well as reconstruction and widening of rural roads. The guidelines pursue the target to standardize the construction of rural roads as far as possible to influence driver behavior and to improve road safety. For this purpose four design classes have been defined (EKL).

The success of the new design principle implies that the concept is transferable to the existing network. In that case, adjusted design values and parameters to adapt existing roads into design classes must be defined. This is realized with the preparation of “Guidelines to transfer the principle of the design classes on the existing road network” (M EKLBest). The first guidelines draft was prepared by the end of 2009. Therefore the content was not adapted to the recommendations of the RAL. Furthermore, there was no knowledge about the possibility of problems by the application of the M EKLBest draft on specific planning projects.

The aim of the project was to apply the M EKLBest draft on specific planning projects and to propose modifications and additions for the M EKLBest draft.

For the preparation of a collective of test roads, several road administrations of the federal states of Germany were asked to propose suitable roads and road planning projects for investigation. Out of the proposals, suitable test roads were chosen for each road category. Afterwards, the M EKLBest draft was applied on the test roads. This was carried out in close cooperation with the road administrations. So, their conceptions and ideas were taken into account



too. Thereby, the possibility of problems by the application of the M EKLBest draft was also checked.

With the findings of the discussions with the road administrations and of the investigations modifications and additions for the M EKLBest draft were prepared. These are the discussion basis for the subcommittee 2.2.2 "Improve existing roads" of the German Road and Transportation Research Association (FGSV) to revise the M EKLBest draft.

## Transferring standardization and recognizability on existing roads – Pilot study (M EKLBest)

### Task

The “Guidelines for the design of rural roads” (RAL) were released in spring 2013. It applies to new construction as well as reconstruction and widening of rural roads. The guidelines pursue the target to standardize the construction of rural roads as far as possible to influence driver behavior and to improve road safety. For this purpose four design classes have been defined (EKL).

The success of the new design principle implies that the concept is transferable to the existing network. In that case, adjusted design values and parameters to adapt existing roads into design classes must be defined. This is realized with the preparation of “Guidelines to transfer the principle of the design classes on the existing road network” (M EKLBest). The first guidelines draft was prepared by the end of 2009. Therefore the content was not adapted to the recommendations of the RAL. Furthermore, there was no knowledge about the possibility of problems by the application of the M EKLBest draft on specific planning projects.

With this project the M EKLBest draft should be applied on specific planning projects. The aim of the project was

- to check the practicability and
- to discuss the conditions and the possibility of problems by the transfer of the principle of the design classes on the existing road network with the road administrations.

With the findings of the project modifications and additions for the M EKLBest draft should be prepared. These should be the basis to revise the M EKLBest draft practically and to support the road administrations by the transfer of the principle of the design classes on the existing road network.

### Approach

First, the content of the M EKLBest draft was adapted to the recommendations of the RAL. At the same time, several road administrations of the federal states of Germany were asked to propose suitable roads and road planning projects for investigation. Out of the proposals, suitable test roads were chosen for each road category.

The M EKLBest includes recommendations for the possibility to apply the principle of the design classes on roads of the existing network. So in the second step, the design elements of the test roads were collected, which are relevant for checking the recommendations. After that, the design elements were compared with the recommendations. Differences between designated or implemented design elements and the recommendations were discussed with the road administrations. With the findings of the discussions modifications and additions for the design elements of the test roads and for the M EKLBest draft were prepared. On some test roads the discussed modification measures were promptly implemented and the road marking according to the corresponding design class was applied.

The application of the M EKLBest draft on the test roads was carried out in close cooperation with the road administrations. So, their conceptions and ideas were taken into account too. Thereby, the possibility of problems by the application of the M EKLBest draft was also checked.

With the findings of the discussions with the road administrations and of the investigations modifications and additions for the M EKLBest draft were prepared. These are the discussion basis for the subcommittee 2.2.2 “Improve existing roads” of the German Road and Transportation Research Association (FGSV) to revise the M EKLBest draft.

## Findings

With the findings of the discussions with the road administrations and of the investigations modifications and additions for the M EKLBest draft were prepared. In the following, the key points are listed.

In addition to the RAL the M EKLBest shall give recommendations, how to transfer of the principle of the design classes on the existing road network. Thereby, it shall include acceptable minimum requirements of the design characteristics. Falling below the minimum requirements, an existing road cannot obtain the design according to RAL. Furthermore, the M EKLBest shall give solutions on how to deal with the differences between design characteristics of the existing network roads, and the requirements of the RAL. To that, the M EKLBest shall contain the following sections:

- Introduction,
- Principle of the design classes according to RAL,
- Application of the principle of the design classes on lineaments of existing roads,
- Acceptable minimum requirements to transfer the principle of the design classes on the existing road network,
- Solutions on how to deal with differences between design characteristics of the existing network roads, and the requirements of the RAL and
- Design of the transition sections at the beginning and end of a road section.

## Introduction

- The section shall be structured in accordance with the guidelines of the FGSV by Contents, Purpose and Scope of application.
- The principle of the design classes according to RAL shall briefly be explained. On this basis, the reason of the M EKLBest shall be derived.
- It shall be emphasized that RAL is the main design guideline M EKLBest based on and deviations should be highlighted.
- The content of the M EKLBest shall briefly be listed.

- The M EKLBest scope of application shall be applicable for rural roads of category LS I to LS IV according to the RAL scope of application.

## Principle of the design classes according to RAL

- Only the essential foundations of the principle of the RAL shall be described.
- Essential foundations are references to the
  - principle of the design classes,
  - lineament of roads,
  - basis of the design classes and
  - design characteristics of the design classes.

## Application of the principle of the design classes on lineaments of existing roads

The strategy for the application of the principle of the design classes on existing roads shall be described and presented.

- The strategy shall be includes the work steps presented in Figure 1.
- The aim of the application of the principle of the design classes is the realization of the road marking, because of the high recognition value of the longitudinal road marking on the carriageway. This shall be explained.
- Lineaments of roads can be widened completely or gradually. Recommendations for a gradual widening shall be given.
- Recommendations shall be given for the case, that no road marking according to a design class is possible.

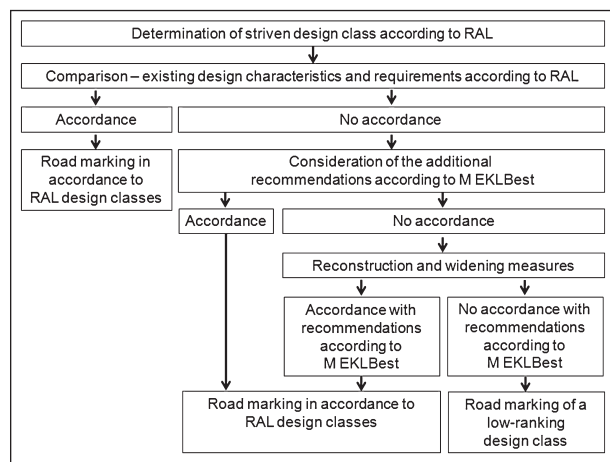


Fig. 1: Strategy for application the principle of the design classes on existing roads

### **Acceptable minimum requirements to transfer the principle of the design classes on the existing road network**

- The acceptable minimum requirements to transfer the principle of the design classes on the existing road network shall be presented in table form.
- Roads of the design class 1 shall comply with the following minimum requirements:
  - Restriction to motor vehicles (no agricultural vehicles and non-motorized traffic allowed),
  - Carriageway width  $\geq 8,50$  m in two-lane sections and  $\geq 11,50$  m in three-lane sections,
  - Passing lanes in  $\geq 30$  % for each road direction,
  - 3 passing lanes for each road direction,
  - min R = 350 m and relationship of radii following each other in a good range
  - No conjunctions with farm roads and accesses as well as
  - Partially grade separated intersections.
- Roads of the design class 2 shall comply with the following minimum requirements:
  - No non-motorized traffic allowed on the carriageway,
  - Carriageway width  $\geq 7,50$  m in two-lane sections and  $\geq 11,00$  m in three-lane sections,
  - Passing lanes in  $\geq 15$  % for each road direction,
  - 2 passing lanes for each road direction,
  - min R = 350 m in three-lane sections,
  - In the case of conjunctions with farm roads and accesses in three-lane sections only turn right as well as
  - Signalized at grade intersections with classified roads.
- Roads of the design class 3 shall have a carriageway width  $\geq 6,00$  m.
- Roads of the design class 4 shall have a carriageway width  $4,50 \text{ m} \leq W < 6,50 \text{ m}$ .

If a minimum requirement of the share and/or the number of passing lanes can't be complied for a single section of a design class 1 or a design class 2-road, but in the foreseeable future in several successive sections, the requirement is still complied.

### **Solutions on how to deal with differences between design characteristics of the existing network roads, and the requirements of the RAL**

- The approach on how to deal with differences between the design characteristics cross section,

alignment and intersection of the existing network roads, and the requirements of the RAL shall be described.

- For the alignment no further requirements are needed beside the minimum requirements according to M EKLBest.
- For the cross sections recommendations for the following points shall be given:
  - Cross section according to RAL,
  - Minimum and maximum carriageway width as well as
  - Recommended widths for the cross section elements presented in table form.
- For the intersections recommendations for each design class for the following points shall be given:
  - Intersection according to RAL,
  - Recommendations on how to deal with differences between the existing intersections and the requirements of the RAL as well as
  - Recommendations for conjunctions with farm roads and accesses.

### **Design of the transition sections at the beginning and end of a road section**

- The transition sections between road sections of the existing network and the road sections that are to be designed according to the RAL shall be intersections, built-up areas or be placed at the link.
- If a transition is placed at the link, recommendations shall be given on how to adapt the following road sections to ensure road safety and consistent lineaments of roads.
- For each design class, design suggestions for possible transition sections shall be given.

### **Conclusion**

The results of the present investigation show that the draft M EKLBest (2009) is outdated and needs revision. Based on both practical application on test roads and the professional discussions with the road administrations, practicable modification and additional proposals were prepared. Subcommittee 2.2.2 "Improve Existing Roads" of the German Road and Transport Research Association (FGSV) is going to revise the M EKLBest draft considering the received recommendations by the project.



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	11	<b>5</b>	<b>Ergebnisse und Auswertung</b> .....	46
<b>2</b>	<b>Literaturanalyse</b> .....	11	5.1	Einführungserlasse zur RAL und Netzkonzepte .....	46
2.1	Stand des Regelwerkes .....	11	5.2	Länderinterne Regelungen .....	48
2.1.1	Nationale Regelwerke .....	11	5.3	Allgemeine Hinweise zum M EKLBest und zu den Entwurfsklassen .....	50
2.1.2	Internationale Regelwerke .....	22	5.3.1	Allgemeine Hinweise zum M EKLBest .....	50
2.2	Stand der Forschung .....	29	5.3.2	Allgemeine Hinweise zu den Entwurfsklassen .....	51
2.2.1	Gestaltung von 2+1 Straßen .....	29	5.4	Pilotstrecken .....	53
2.2.2	Gestaltung von zweistreifigen, abschnittsweise dreistreifigen Straßen .....	30	5.4.1	Vorbemerkungen .....	53
2.2.3	Gestaltung von zweistreifigen Straßen .....	31	5.4.2	Kollektiv an Pilotstrecken .....	54
2.2.4	Gestaltung von 2-1-Straßen .....	31	5.5	Straßen der EKL 1 .....	55
2.2.5	Gestaltung von Knotenpunkten .....	33	5.5.1	Längen der Streckenabschnitte .....	55
2.2.6	Bisherige Erfahrungen bei der Übertragung des Entwurfsprinzips nach den RAL auf bestehende Landstraßen .....	34	5.5.2	Festlegung der Entwurfsklasse .....	55
2.2.7	Human Factors .....	37	5.5.3	Betriebsform .....	57
2.2.8	Prinzip Selbsterklärende Straße .....	40	5.5.4	Querschnitt .....	57
2.3	Zusammenfassung der Literaturanalyse ...	41	5.5.5	Linienführung .....	59
<b>3</b>	<b>Ziel des Projektes</b> .....	41	5.5.6	Knotenpunkte .....	59
<b>4</b>	<b>Vorgehen</b> .....	42	5.5.7	Übergangsbereiche .....	59
4.1	Abgleich der Festlegungen des M EKLBest mit denen der RAL .....	43	5.6	Straßen der EKL 2 .....	60
4.2	Anfrage an Straßenbauverwaltungen nach geeigneten Pilotstrecken .....	43	5.6.1	Längen der Streckenabschnitte .....	60
4.3	Auswahl der Pilotstrecken .....	44	5.6.2	Festlegung der Entwurfsklasse .....	61
4.4	Erhebung der Gestaltungsmerkmale .....	44	5.6.3	Betriebsform .....	61
4.5	Vergleich der vorhandenen Gestaltungsmerkmale mit den Anforderungen des M EKLBest .....	46	5.6.4	Querschnitt .....	63
4.6	Anpassung der Pilotstrecken an das Entwurfsprinzip der RAL .....	46	5.6.5	Linienführung .....	65
4.7	Änderungs- und Ergänzungsvorschläge sowie Fortschreibung des M EKLBest .....	46	5.6.6	Knotenpunkte .....	65
			5.6.7	Übergangsbereiche .....	66
			5.7	Straßen der EKL 3 .....	68
			5.7.1	Längen der Streckenabschnitte .....	68
			5.7.2	Festlegung der Entwurfsklasse .....	68
			5.7.3	Betriebsform .....	69
			5.7.4	Querschnitt .....	69
			5.7.5	Linienführung .....	70
			5.7.6	Knotenpunkte .....	70

5.7.7	Übergangsbereiche .....	71
5.8	Straßen der EKL 4.....	71
5.8.1	Längen der Streckenabschnitte.....	71
5.8.2	Festlegung der Entwurfsklasse .....	71
5.8.3	Betriebsform.....	71
5.8.4	Querschnitt.....	71
5.8.5	Linienführung.....	74
5.8.6	Knotenpunkte .....	75
5.8.7	Markierung .....	77
5.8.8	Übergangsbereiche .....	78
5.9	Änderungs-, Ergänzungs- und Textvorschläge für das M EKLBEST .....	80
5.9.1	Änderungs- und Ergänzungsvorschläge für das M EKLBEST.....	80
5.9.2	Textvorschläge für das M EKLBEST .....	83
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>85</b>
	<b>Literatur .....</b>	<b>88</b>
	<b>Bilder .....</b>	<b>94</b>
	<b>Tabellen .....</b>	<b>95</b>

Die Anhänge 1 – 19 zum Bericht sind im elektronischen BAST-Archiv ELBA unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de> abrufbar.

## 1 Einleitung

Die „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (RAL) (FGSV, 2012) wurden im Juni des Jahres 2013 durch den damaligen Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS, 2013) eingeführt. Sie sollen ab sofort allen Neu-, Um- und Ausbaumaßnahmen von Landstraßen zugrunde gelegt werden.

Das Ziel der RAL ist es, durch die konsequente Standardisierung von Landstraßen das Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer zu beeinflussen und so vor allem die Verkehrssicherheit zu verbessern. Dafür definieren sie vier standardisierte Straßentypen (Entwurfsklassen (EKL)), die größtenteils einheitliche Entwurfs- und Betriebsmerkmale aufweisen. Die EKL unterscheiden sich jedoch so untereinander, dass die Straßentypen für den Verkehrsteilnehmer differenzierbar und wiedererkennbar sind.

Der Erfolg des neuen Konzeptes der RAL setzt die Übertragung des Entwurfsprinzips der EKL auf das Bestandsnetz voraus. Dafür wird das „Merkblatt für die Übertragung des Prinzips der Entwurfsklassen nach den RAL auf bestehende Straßen“ (M EKL-Best) erarbeitet. Dieses soll Voraussetzungen zur Kennzeichnung einer Straße als Straße einer Entwurfsklasse enthalten. Demnach soll das Merkblatt die RAL ergänzen und zur Anwendung kommen, wenn die Regelungen der RAL in zu begründenden Ausnahmefällen im Zuge von Um-, Ausbau- und Erhaltungsmaßnahmen von vorhandenen Straßen nicht vollständig umgesetzt werden können (FGSV, 2009a).

Für das M EKLBest liegt bereits ein erster Entwurf vor. Der Entwurf hat einen Stand vom 21.10.2009 und ist demnach noch nicht an die aktuellen Festlegungen der RAL angepasst. Weiterhin ist derzeit noch nicht abzusehen, ob und welche Probleme sowohl bei den RAL als auch bei der Anwendung des Merkblattes bei konkreten Planungen auftreten können und welcher Handlungs- bzw. Gestaltungsspielraum für die Straßenbauverwaltungen in der Planungspraxis besteht bzw. erforderlich ist.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollen daher die Festlegungen des M EKLBest an konkreten Planungsmaßnahmen erprobt werden. Ziel des Vorhabens ist es

- die Praktikabilität bei Umgestaltungsmaßnahmen an konkreten Planungsmaßnahmen zu prüfen bzw. Vor- und Nachteile herauszuarbeiten sowie
- durch Diskussionen mit den Straßenbauverwaltungen Randbedingungen und Probleme bei der Realisierung des neuen Entwurfsprinzips der RAL im Bestand herauszufinden.

Im Ergebnis des Forschungsvorhabens soll der aktuelle Entwurf des M EKLBest an die Festlegungen der RAL bzw. an die Erfahrungen aus den Praxisbeispielen angepasst werden. Weiterhin sollen aus den gewonnenen Erkenntnissen konkrete Handlungsanweisungen für die Übertragung des Entwurfsprinzips der RAL auf bestehende Straßen abgeleitet werden. Diese sollen der praxisorientierten Weiterentwicklung des aktuellen Entwurfs des M EKLBest dienen und somit den Straßenbauverwaltungen die Umsetzung des neuen Entwurfskonzeptes der RAL erleichtern.

## 2 Literaturanalyse

### 2.1 Stand des Regelwerkes

#### 2.1.1 Nationale Regelwerke

##### Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS)

Bis zum Jahr 2013 galten für den Entwurf von Landstraßen u. a. die Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Leitfaden für die funktionale Gliederung des Straßennetzes (RAS-N), Teil: Linienführung (RAS-L), Teil: Querschnitte (RAS-Q) und Teil: Knotenpunkte (RAS-K).

Die Bestimmung der relevanten Gestaltungsmerkmale der Linienführung erfolgte vorrangig in Abhängigkeit der Entwurfsgeschwindigkeit  $V_e$  und der Geschwindigkeit  $V_{85}$ <sup>1</sup>. Die  $V_e$  war dabei von der Straßenkategorie nach RAS-N (FGSV, 1988), der angestrebten Verkehrsqualität und der Schwierigkeit des Geländes abhängig (FGSV, 1995).

<sup>1</sup> Die Geschwindigkeit  $V_{85}$  entspricht der Geschwindigkeit, „die 85 % der unbehindert fahrenden Pkw auf nasser Fahrbahn nicht überschreiten“ (FGSV, 1995).



$V_e$ [km/h]	min R [m]	min L [m]
50	80	30
60	120	35
70	180	40
80	250	45
90	340	50
100	450	55
120	720	65

Tab. 1: Kurvenmindestradien und Mindestlänge der Kreisbögen nach RAS-L (FGSV, 1995)

$V_e$ [km/h]	min A [m]
50	30
60	40
70	60
80	80
90	110
100	150 (120)
120	240 (120)
(...) Ausnahmewert	

Tab. 2: Klothoidenmindestparameter nach RAS-L (FGSV, 1995)

$V_e$ [km/h]	max s [%] bei Straßen der Kategoriengruppe	
	A	B I / B II
50	9,0	12,0
60	8,0	10,0
70	7,0	8,0
80	6,0	7,0
90	5,0	6,0
100	4,5	5,0
120	4,0	–

Tab. 3: maximale Längsneigung nach RAS-L (FGSV, 1995)

$V_e$ [km/h]	min $H_k$ [m] (bei $S_h$ )	$H_k$ [m] (bei $0,5 \cdot S_u$ / bei $S_u$ )
50	1400	7.000/28.200
60	2400	7.800/30.000
70	3150	8.600/35.000
80	4400	10.300/40.000
90	5700	12.200/48.000
100	8300	13.000/52.000
120	16000	–

Tab. 4: Kuppenmindesthalbmesser nach RAS-L (FGSV, 1995)

$V_e$ [km/h]	min $H_w$
50	500
60	750
70	1.000
80	1.300
90	2.400
100	3.800
120	8800

Tab. 5: Wannenmindesthalbmesser nach RAS-L (FGSV, 1995)

Es wurden in Abhängigkeit von der  $V_e$  u. a. Grenzwerte für folgende Entwurfsparameter festgelegt:

- Geradenlänge,
- Kurvenmindestradius und Mindestlänge des Kreisbogens (Tabelle 1),
- Klothoidenmindestparameter (Tabelle 2),
- maximale Längsneigung (Tabelle 3) sowie
- Kuppen- und Wannenmindesthalbmesser (Tabelle 4 und Tab. 5).

Die Regelquerschnitte wurden in Abhängigkeit von der Straßenkategorie nach RAS-N (FGSV, 1988) und der Verkehrsstärke festgelegt (Anhang 1). In Tabelle 6 sind die nach RAS-Q möglichen Querschnitte und die Breiten der Querschnittselemente aufgelistet.

Die Wahl der Knotenpunktform erfolgte in Abhängigkeit von der Straßenkategorie nach RAS-N (FGSV, 1988) und der zulässigen Geschwindigkeit (Tabelle 7).

### Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL)

In Deutschland sind für den Entwurf von Landstraßen seit dem Jahr 2013 die „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (RAL) anzuwenden. Diese gelten für Neu-, Um- und Ausbaumaßnahmen (FGSV, 2012).

Die RAL verfolgen vor allem das Ziel, die Verkehrssicherheit weiter zu erhöhen. Dies soll u. a. über eine konsequente Umsetzung der Standardisierung der Landstraßen erfolgen. Hierfür definieren die RAL vier Entwurfsklassen (EKL). Durch die EKL sollen die Einheitlichkeit von Straßen einer Kategorie und die Unterscheidbarkeit von Straßen unterschiedlicher Kategorien gefördert werden. Dadurch „soll eine der Netzfunktion angemessene Fahrweise unterstützt werden“ (FGSV, 2012, S. 11). Für Streckenzüge soll möglichst eine einheitliche Entwurfsklasse gewählt werden. Das BMVBS weist in seinem „Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 08/2013“ zur Einführung der RAL noch einmal darauf hin, dass die durch die Umsetzung des Entwurfsprinzips der RAL gewünschte Verbesserung der Verkehrssicherheit nur erreicht werden kann, „wenn die Planungen für einzelne Netzabschnitte im Zusammenhang mit dem gesamten betroffenen Streckenzug beurteilt werden“ (BMVBS,

Regelquerschnitt	Anzahl der Fahrstreifen	Breite					
		Fahrstreifen [m]	Randstreifen [m]	Mittelstreifen [m]	Standstreifen [m]	Bankette [m]	Seitentrennstreifen [m]
1	2	3	4	5	6	7	8
RQ 35,5	6	3,75/3,50	0,75/0,50	3,50	2,50	1,50	3,00
RQ 33	6	3,50	0,50	3,00	2,00	1,50	3,00
RQ 29,5	4	3,75	0,75	3,50	2,50	1,50	3,00
RQ 26	4	3,50	0,50	3,00	2,00	1,50	3,00
RQ 20	4	3,25	0,50	2,00	–	1,50	1,75
RQ 15,5	2+1	3,75/3,25/3,50	0,25	–*	–	2,50**/1,50	1,75
RQ 10,5	2	3,50	0,25***	–	–	1,50	1,75
RQ 9,5	2	3,00	0,25	–	–	1,50	1,75
RQ 7,5	2	2,75		–	–	1,00	1,25

\* vgl. Anhang, Ziffer 4.1.1  
\*\* Das Bankett neben den einstreifigen Abschnitten ist standfest auszubilden (vgl. Ziffer 2.4.4)  
\*\*\* Bei einer Schwerverkehrsstärke von mehr als 900 Fz/24 h sind die Randstreifen mit einer Breite von 0,50 m auszuführen

Tab. 6: Breiten der Querschnittselemente nach RAS-Q (FGSV, 1995)

Kategoriengruppe	Straßenfunktion		Vekehrsart	zul. Geschw. Vzuzul Jkm/h)	Entwurfs- und Betriebsmerkmale		
	Straßenkategorie				Querschnitt	Knotenpunkte	Entwurfsgeschwindigkeit v <sub>0</sub> [km/h]
A anbaufreie Straßen außerhalb bebauter Gebiete mit maßgebender Verbindungsfunktion	A I	Fernstraße	Kfz Kfz	– ≤ 100 (120)	zweibahnig einbahnig	planfrei (planfrei) plangleich	120 100 100 90 (80)
	A II	überregionale/ regionale Straße	Kfz (Kfz) Allg.	– ≤ 100	zweibahnig einbahnig	planfrei (plangleich) plangleich	100 90 (80) 90 80 (70)
	A III	zwschengemeindliche Straße	Kfz Allg.	≤ 100 ≤ 100	zweibahnig einbahnig	(planfrei) plangleich plangleich	(90) 80 70 80 70 60
	A IV	flächenschließende Straße	Allg.	≤ 100	einbahnig	plangleich	70 60 (50)
	A V	untergeordnete Straße	Allg.	≤ 100	einbahnig	plangleich	(50) keine
	A VI	Wirtschaftsweg	Allg.	≤ 100	einbahnig	plangleich	keine

Tab. 7: Entwurfs- und Betriebsmerkmale der Kategoriengruppe A nach RAS (FGSV, 1995)

Straßenkategorie	Entwurfsklasse
LS I	EKL 1
LS II	EKL 2
LS III	EKL 3
LS IV	EKL 4

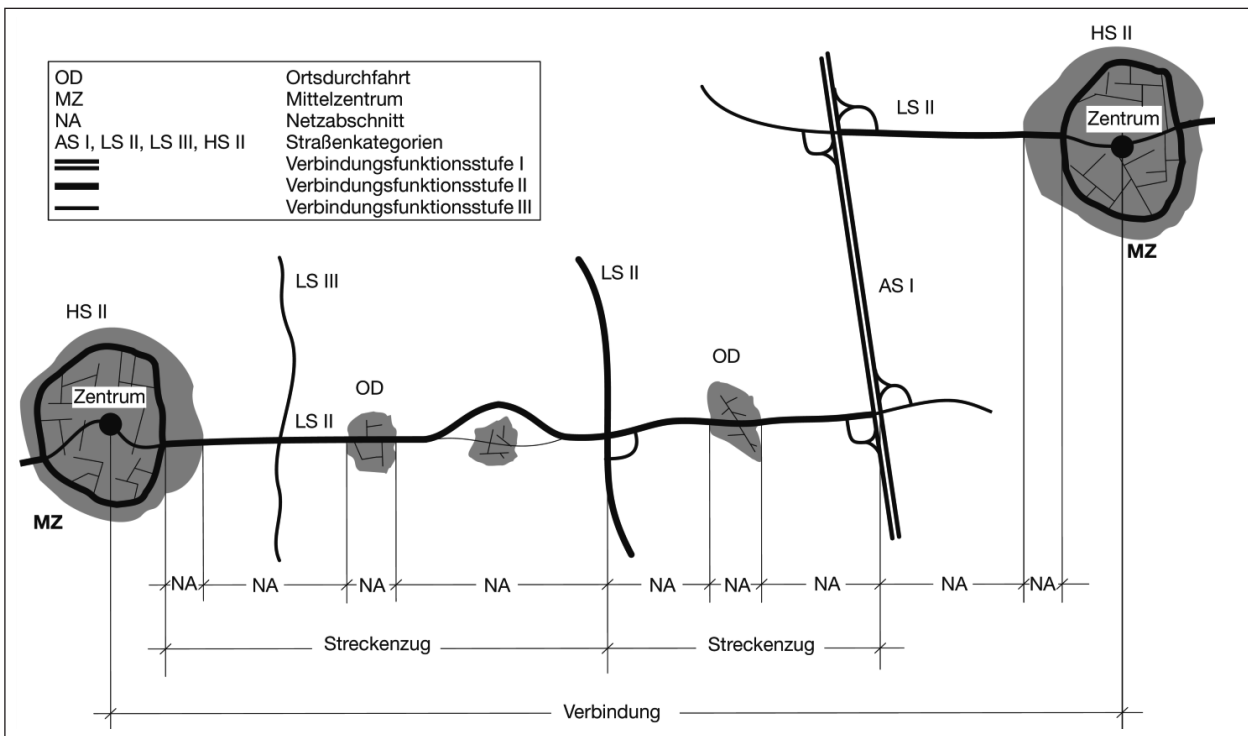
Tab. 8: Entwurfsklassen für Landstraßen in Abhängigkeit von der Straßenkategorie, Quelle: FGSV 2012

2013, S. 2). Die RAL verstehen dabei unter einem Streckenzug „Teile des Netzes zwischen Knotenpunkten, an denen eine geplante Landstraße mit einer anderen Straße gleicher oder höherrangiger Verbindungsfunktionsstufe verknüpft ist“ (FGSV, 2012, S. 18) (Bild 1).

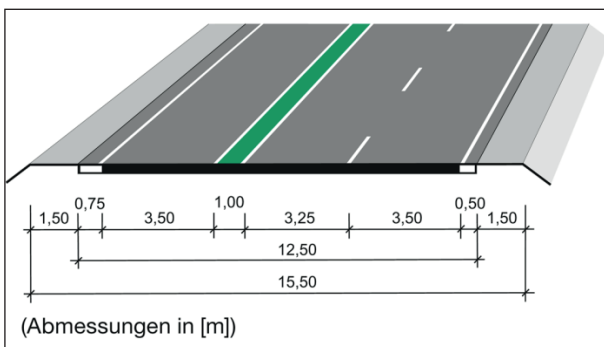
Die EKL werden maßgebend durch die Straßenkategorie gemäß den „Richtlinien für integrierte Netzgestaltung“ (RIN) (FGSV, 2008a) bestimmt, welche die Funktion einer Straße im Netz beschreibt (Tabelle 8).

Besteht auf einem Streckenzug eine sehr hohe bzw. eine sehr niedrige Verkehrsnachfrage, kann auch eine höherrangige bzw. eine niederrangige Entwurfsklasse gewählt werden (FGSV, 2012).

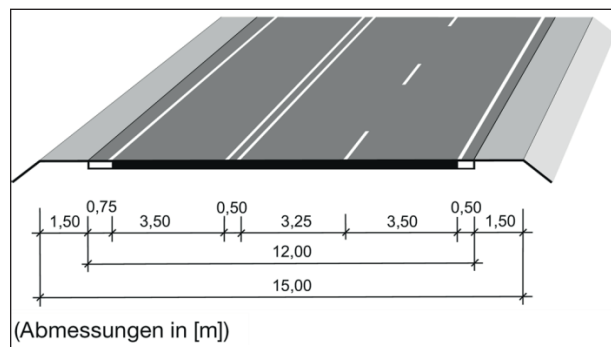
Nach den RAL sollen Landstraßen von Pkw mit einer für die Netzfunktion angemessenen Geschwindigkeit gleichmäßig befahren werden. Um dies gewährleisten zu können, werden alle wesentlichen



**Bild 1:** Streckenzüge und Netzabschnitte im Zuge einer Verbindung (FGSV, 2012)



**Bild 2:** Regelquerschnitt RQ 15,5 (FGSV, 2012)



**Bild 3:** Regelquerschnitt RQ 11,5+ mit Überholfahrstreifen (FGSV, 2012)

Entwurfs- und Betriebsmerkmale, die die Geschwindigkeit beeinflussen, für die Entwurfsklassen festgelegt. Weiterhin werden die Merkmale zur Führung auf der Strecke und im Knotenpunkt definiert (Tabelle 9).

Straßen der EKL 1 werden nach den RAL mit einem RQ 15,5 ausgebildet. Dies ist ein durchgängig dreistreifiger Querschnitt, wobei die Fahrtrichtungen durch einen verkehrstechnischen Mittelstreifen voneinander getrennt sind (Bild 2).

Für jede Fahrtrichtung stehen durch die Anordnung einer durchgehend wechselseitigen Folge von Überholfahrstreifen auf ca. 40 % der Strecke ver-

kehrstechnisch gesicherte Überholmöglichkeiten zur Verfügung.

Straßen der EKL 1 sollen als Kraftfahrstraßen betrieben werden. Weiterhin sollen sie in den Knotenpunkten planfrei geführt werden, wobei die Knotenpunktabstände nicht weniger als drei Kilometer sein sollten (FGSV, 2012).

Die Straßen der EKL 2 werden mit dem RQ 11,5+ ausgebildet. Sie sind einbahnig zweistreifige Straßen, bei denen abschnittsweise abwechselnd für beide Fahrtrichtungen Überholfahrstreifen angeordnet werden. Für jede Fahrtrichtung sollen so mindestens auf 20 % des Streckenzuges verkehrstechnisch gesicherte Überholmöglichkeiten geschaffen

Entwurfs- klasse	Entwurfs-/ Betriebsmerkmale					Führung auf der Strecke				Führung im Knotenpunkt Regel-Lösung auf der übergeordneten Straße <sup>1)</sup>
	Planungs- geschwin- digkeit [km/h]	Be- triebs- form	Quer- schnitt	gesicherte Überhol- abschnitte pro Richtung	Führung des Rad- verkehrs	Linien- führung	empfo- hener Radien- bereich R [m]	Höchst- längs- neigung max s [%]	empfo- hener Kuppen- halbmesser H <sub>k</sub> [m]	
EKL 1	110	Kraft- fahr- straße	RQ 15,5	~ 40%	straßen- unabhän- gig	sehr gestreckt	≥ 500	4,5	≥ 8.000	Ein-/ Ausfädeln
EKL 2	100	allg. Verkehr	RQ 11,5+	≥ 20 %	straßenun- abhängig oder fahr- bahn- begleitend	gestreckt	400–900	5,5	≥ 6.000	Ein-/ Abbiegen / Kreuzen mit Licht- signalanlage
EKL 3	90	allg. Verkehr	RQ 11	keine	fahrbahn- begleitend oder auf der Fahrbahn	ange- passt	300–600	6,5	≥ 5.000	Ein-/ Abbiegen / Kreuzen mit/ ohne Lichtsig- nalanlage
EKL 4	70	allg. Verkehr	RQ 9	keine	auf der Fahrbahn	sehr an- gepasst	200–400	8,0	≥ 3.000	Ein-/ Abbiegen / Kreuzen ohne Lichtsignalanlage

\*) Weitere Einsatzmöglichkeiten der Knotenpunktarten in Abhängigkeit von den Entwurfsklassen sind in Ziffer 6.3.3 dargestellt.

Tab. 9: Entwurfsklassen und grundsätzliche Gestaltungsmerkmale (FGSV, 2012)

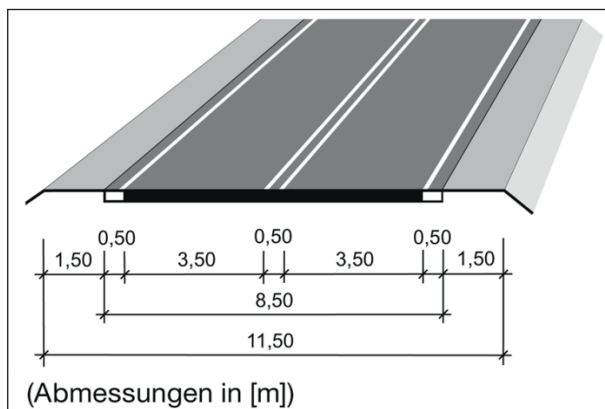


Bild 4: Regelquerschnitt RQ 11,5+ ohne Überholfahrstreifen mit durchgehender Doppellinie (FGSV, 2012)

werden. In den dreistreifigen Abschnitten sind beide Fahrrichtungen durch eine durchgehende Doppellinie verkehrstechnisch voneinander getrennt (Bild 3). Die Fahrrichtungen sind in den zweistreifigen Abschnitten in der Regel durch eine doppelte Leitlinie voneinander getrennt. In den Abschnitten, wo das Überholen untersagt werden soll, wird allerdings eine durchgehende Doppellinie angeordnet (Bild 4 und Bild 5).

Straßen der EKL 2 können als Kraftfahrstraßen betrieben werden, wenn, wie es die RAL empfehlen, der landwirtschaftliche Verkehr auf gesonderten Wegen geführt wird. Weiterhin sind sie mit dem gleichrangigen oder dem nachgeordneten Straßen-

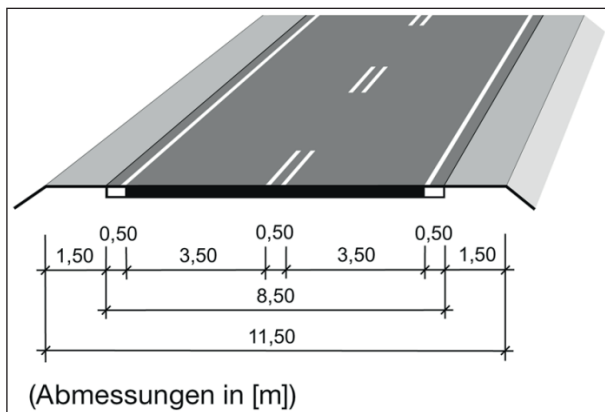
netz möglichst über teilplangleiche Knotenpunkte oder über plangleiche Einmündungen mit Lichtsignalanlage (LSA) zu verknüpfen. Dabei sollen die Knotenpunktabstände nicht weniger als zwei Kilometer betragen (FGSV, 2012).

Die EKL 3 umfasst flächenerschließende Straßen. Sie sind zweistreifig und werden mit dem RQ 11 ausgebildet. Die Fahrtrichtungstrennung erfolgt über eine einfache Leitlinie, wodurch das Überholen unter Mitbenutzung des Gegenverkehrsfahrestreifens zugelassen ist (Bild 6). Soll das Überholen aufgrund von z. B. unzureichenden Sichtweiten untersagt werden, ist eine einfache Fahrstreifenbegrenzung anzuordnen.

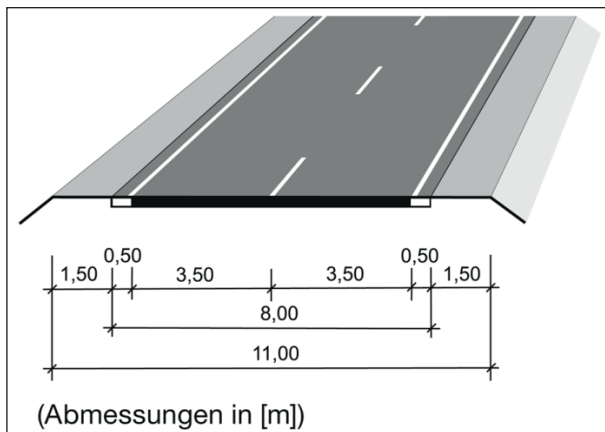
Der Überholfahrstreifen ist bei Straßen der EKL 3 kein planmäßiges Element. Er kann jedoch bei einem großen Überholdruck angelegt werden, um den schnellen und langsamen Verkehr zu entflechten (FGSV, 2012).

Die Verknüpfungen zwischen Straßen der EKL 3 und dem gleichrangigen oder nachgeordneten Straßennetz sollen durch plangleiche Einmündungen bzw. Kreuzungen oder durch Kreisverkehre erfolgen (FGSV, 2012).

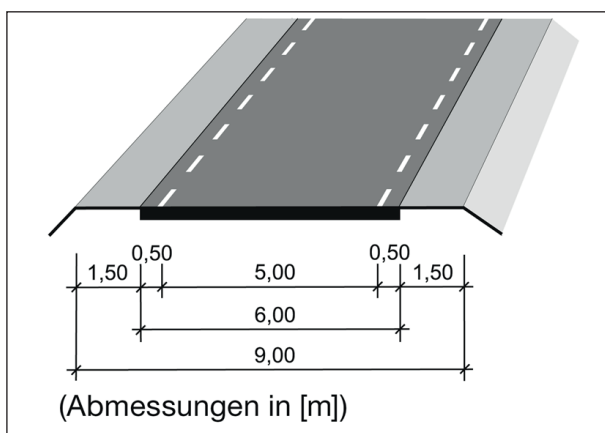
Straßen der EKL 4 dienen dem nahräumigen Verkehr. Sie sind einbahnige Straßen und werden mit dem RQ 9 ausgebildet. Bei diesem wird keine Markierung zur Trennung der Fahrrichtungen aufge-



**Bild 5:** Regelquerschnitt RQ 11,5+ ohne Überholfahrstreifen mit doppelter Leitlinie (FGSV, 2012)



**Bild 6:** Regelquerschnitt RQ 11 (FGSV, 2012)



**Bild 7:** Regelquerschnitt RQ 9 (FGSV, 2012)

bracht. Stattdessen werden auf den beiden Seiten Leitlinien angeordnet, die im Begegnungsfall überfahren werden können (Bild 7).

Straßen der EKL 4 sollen über plangleiche Einmündungen bzw. Kreuzungen ohne LSA mit dem gleichrangigen und dem nachgeordneten Straßennetz verknüpft werden (FGSV, 2012).

Für Streckenabschnitte mit maximal einer Länge von ca. 15 km, die Verkehrsstärken bis zu  $DTV = 30.000$  Kfz/24 h aufweisen, sehen die RAL einen RQ 21 vor (Bild 8). Dieser kann für Straßen der EKL 1 bis EKL 3 zum Einsatz kommen und sollte als Kraftfahrstraße betrieben werden (FGSV, 2012).

Die RAL behandeln neben entwurfstechnischen auch verkehrsrechtliche Belange, um einen Entwurf von sicheren und funktionsgerechten Straßen gewährleisten zu können. Die Grundlagen für diese bilden die Straßenverkehrs-Ordnung (STVO, 2013) und die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VWV-STVO, 1998).

### **Merkblatt für die Übertragung des Prinzips der Entwurfsklassen nach den RAL auf bestehende Straßen (M EKLBest)**

Der Erfolg des neuen Konzeptes der RAL setzt die Übertragung des Prinzips der EKL auf das Bestandsnetz voraus. Dafür wird das „Merkblatt für die Übertragung des Prinzips der Entwurfsklassen nach den RAL auf bestehende Straßen“ (M EKLBest) (FGSV, 2009a) erarbeitet. Für dieses liegt ein erster Entwurf vom 21.10.2009 vor.

Das M EKLBest soll die RAL ergänzen und zur Anwendung kommen, wenn die Regelungen der RAL in zu begründenden Ausnahmefällen im Zuge von Um-, Ausbau- und Erhaltungsmaßnahmen nicht vollständig umgesetzt werden können (FGSV, 2009a). Das M EKLBest gliedert sich in zehn Kapitel. Nach einer Einführung zu dem Anwendungsbereich und dem Grundprinzip des M EKLBest werden das Prinzip der Entwurfsklassen nach den RAL und die Strategie des Merkblattes zur Anpassung von bestehenden Straßen an dieses erläutert. Anschließend werden die Anforderungen an die bestehenden Straßen in Hinblick auf die Kennzeichnung als Straße einer EKL und, wenn diese nicht eingehalten werden können, die erforderlichen Anpassungsmaßnahmen angegeben. In dem übrigen Teil des M EKLBest werden Hinweise zur Anpassung der Straßenquerschnitte, der Linienführung, der Knotenpunkte, der Ausstattung und zur Gestaltung der angrenzenden Straßenabschnitte gegeben.

Die wesentliche Leitgröße für das neue Entwurfsprinzip der RAL ist die Entwurfsklasse. Diese ist demnach auch die Eingangsgröße für das M EKLBest (RICHTER/ZIERKE, 2010). Nach dem Merkblatt ist für die Wiedererkennbarkeit von Straßen einer Entwurfsklasse ein unverwechselbares Merk-



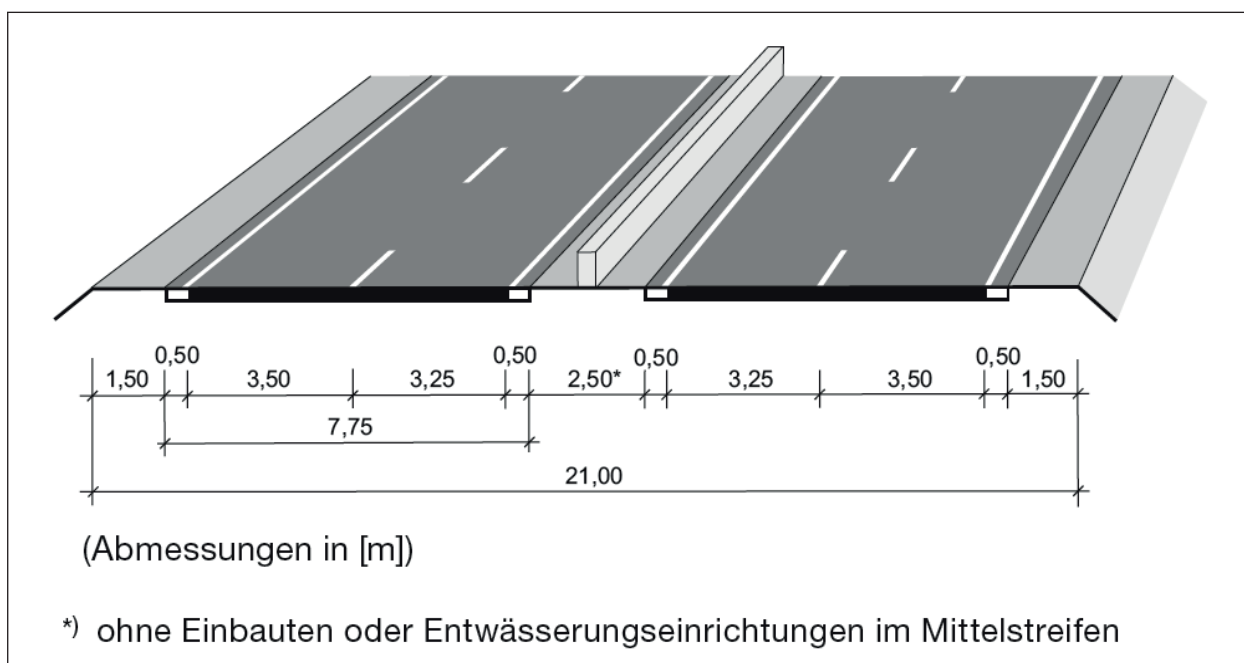


Bild 8: Regelquerschnitt RQ 21 (FGSV, 2012)

mal erforderlich, welches von hoher verkehrsrechtlicher Relevanz für den Verkehrsteilnehmer ist und sich stets in dessen Blickfeld befindet. Die längsgerichtete Fahrbahnmarkierung erfüllt diese Kriterien am besten (FGSV, 2009a).

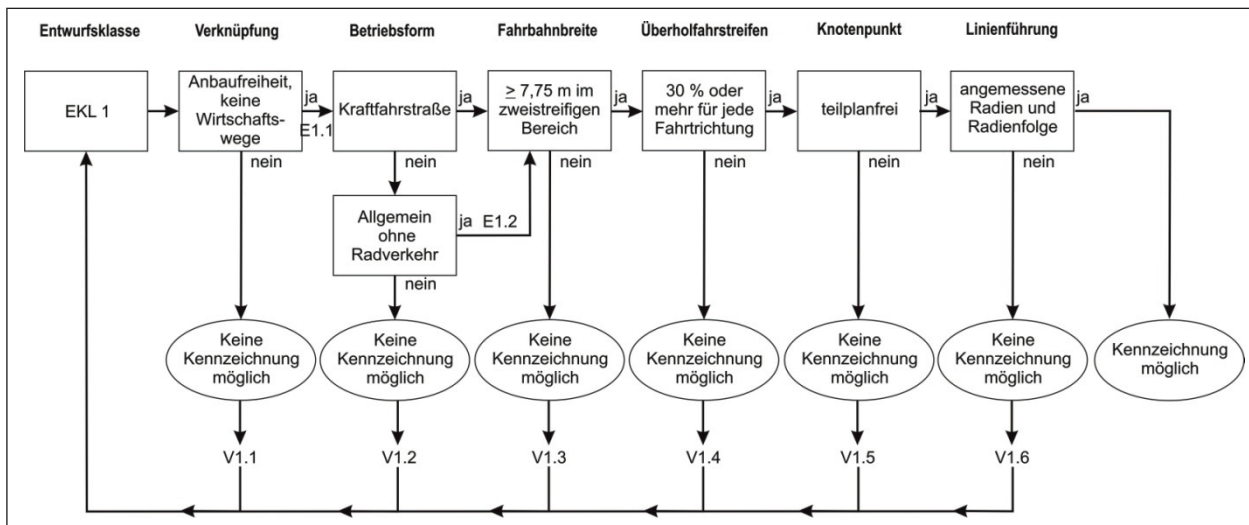
Für den Um- und Ausbau von bestehenden Landstraßen zeigt das M EKLBest eine Strategie auf, mit der geprüft werden kann, ob das Entwurfsprinzip der RAL umsetzbar ist. Für diese werden zunächst Mindestanforderungen definiert, durch die die Umsetzung des Prinzips der Standardisierung und Wiedererkennbarkeit nach den RAL gewährleistet werden kann. Es muss zunächst die EKL für den um- bzw. auszubauenden Netzabschnitt bestimmt werden. Anschließend wird geprüft, welche der vorhandenen Gestaltungsmerkmale angepasst werden müssen, um den Festlegungen der RAL zu entsprechen. Weiterhin soll festgelegt werden, in welcher Art und Weise die um- bzw. auszubauenden Teilabschnitte den EKL entsprechend ausgebaut werden können. Die Umsetzung der Maßnahmen kann somit schrittweise in mehreren Arbeitsschritten erfolgen. Dadurch entstehen Zwischenstufen von Ausbauzuständen. Bei diesen ist zu entscheiden, für welche Teilabschnitte dem Verkehrsteilnehmer die für den Netzabschnitt angestrebte Entwurfsklasse bereits verdeutlicht werden kann. Dies erfolgt durch die Anordnung der für die Entwurfsklasse charakteristischen Längsmarkierung. Damit kann gewährleistet werden, dass der Verkehrsteilnehmer die Längsmarkierung als Unterscheidungs-

merkmal für die Straßentypen begreift. Für die Kennzeichnung einer Teilstrecke eines Netzabschnittes sollte mindestens die Hälfte des Netzabschnittes kennzeichnungsfähig sein. Weiterhin sollte die Teilstrecke mehrere Knotenpunkte umfassen. Die einheitliche Gestaltung der Knotenpunkte stellt ein weiteres wichtiges Kennzeichnungsmerkmal für die Entwurfsklassen dar (FGSV, 2009a).

Für die Kennzeichnung einer Teilstrecke eines Netzabschnittes als Straße einer Entwurfsklasse definiert das M EKLBest Mindestanforderungen an die Gestaltungsmerkmale. Dabei werden jedoch noch nicht die bestehenden Fahrbahnbreiten berücksichtigt.

Für Straßen der EKL 1 gelten dabei vor allem folgende Mindestanforderungen (FGSV, 2009a):

- durchgängige Richtungstrennung,
- durchgängiger verkehrstechnischer Mittelstreifen,
- planfreie Knotenpunkte oder Ausführung nach Ziffer 10 des M EKLBest,
- durchgängig anbaufrei,
- Betriebsform: Kraftfahrstraße,
- Ausbildung der Linienführung nach den Festlegungen der RAL und
- Länge des Kennzeichnungsabschnittes: mindestens ca. 10 km.



**Bild 9:** Entscheidungsbaum für Straßen der EKL 1 (FGSV, 2009a)

Die wichtigsten Mindestanforderungen für Straßen der EKL 2 sind (FGSV, 2009a):

- durchgängige Richtungstrennung,
- Überholfahrstreifen auf mindestens 15 % der Strecke für jede Fahrtrichtung,
- Anordnung von plangleichen Knotenpunkten mit LSA mit gesichertem Linksabbieger,
- Betriebsform: Kraftfahrstraße und
- Länge des Kennzeichnungsabschnittes: mindestens ca. 8 km.

Das M EKLBest nennt für Straßen der EKL 3 vor allem folgende Mindestanforderungen (FGSV, 2009a):

- durchgängig zweistreifig,
- Fahrbahnbreite: mindestens 6,0 m,
- Verknüpfung mit anderen Straßen durch Kreisverkehre oder plangleiche Knotenpunkte mit und ohne LSA und
- Länge des Kennzeichnungsabschnittes: mindestens ca. 5 km.

Die wichtigsten Mindestanforderungen für Straßen der EKL 4 sind (FGSV, 2009a):

- Fahrbahnbreite: mindestens 5,00 m,
- Anordnung von plangleichen Knotenpunkten ohne LSA und

- Länge des Kennzeichnungsabschnittes: mindestens ca. 3 km.

Können die für die Entwurfsklassen definierten Mindestanforderungen nicht erfüllt werden, so ist zu prüfen, ob und in welcher Art und Weise die wichtigsten Wiedererkennungsmerkmale der Entwurfsklassen im Zuge von Um- bzw. Ausbaumaßnahmen realisiert werden können. Für das dabei erforderliche Vorgehen enthält das M EKLBest Entscheidungsbäume, welche die Verknüpfung, die Betriebsform, die Fahrbahnbreite, den Anteil an Überholfahrstreifen, die Knotenpunktform und die Linienführung berücksichtigen (FGSV, 2009a). Die Entscheidungsbäume für die Straßen der EKL 1 bis EKL 4 sind in Bild 9 bis Bild 12 dargestellt.

Über die Entscheidungsbäume wird zunächst überprüft, ob die vorhandenen Gestaltungsmerkmale ausreichen, um die Straße als Straße der jeweiligen EKL kennzeichnen zu können. Entsprechen diese nicht den festgelegten Anforderungen, werden in den Entscheidungsbäumen Maßnahmen empfohlen, über die die entwurfsklassenspezifische Gestaltung verbessert werden kann. Diese unterscheiden sich in:

- V-Maßnahmen: voraussetzende Maßnahmen und
- E-Maßnahmen: ergänzende Maßnahmen.

Das M EKLBest führt außerdem K-Maßnahmen auf. Dies sind kennzeichnende Maßnahmen, d. h. die in den Entscheidungsbäumen aufgeführte Kennzeichnung an sich. Dabei müssen die V-Maßnahmen

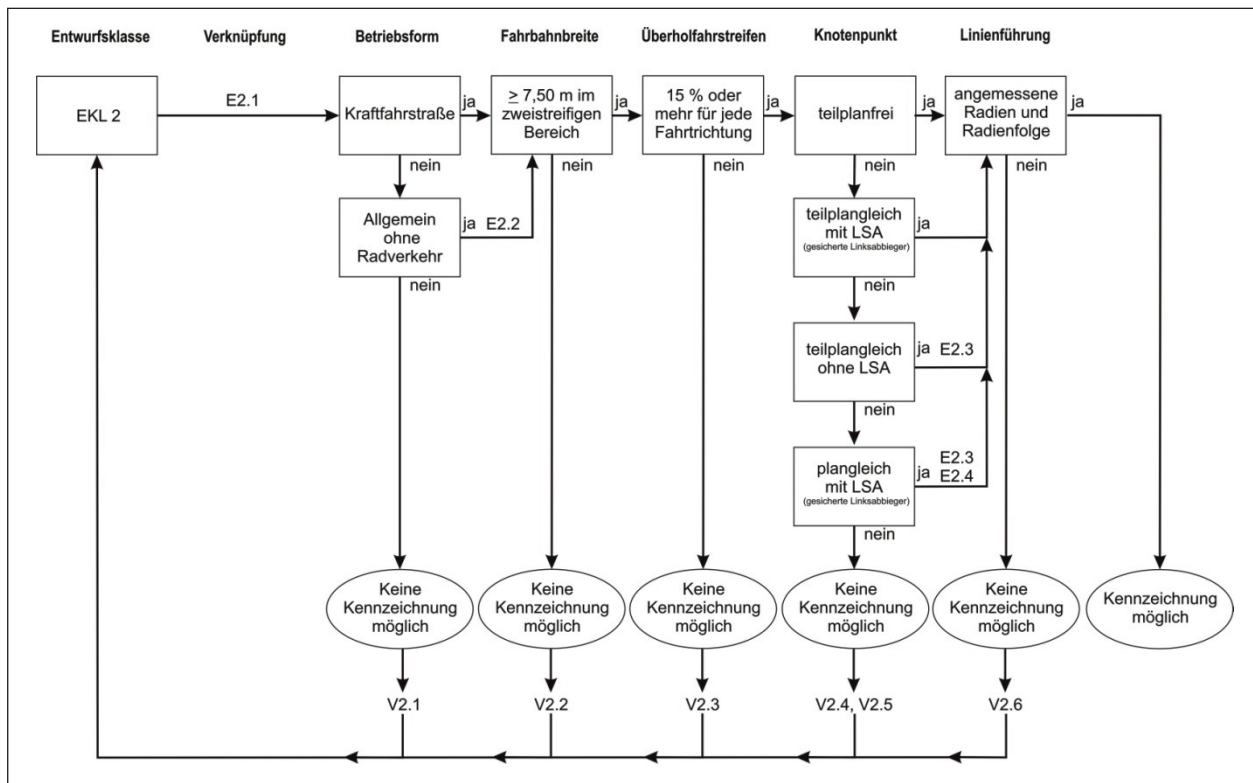


Bild 10: Entscheidungsbaum für Straßen der EKL 2 (FGSV, 2009a)

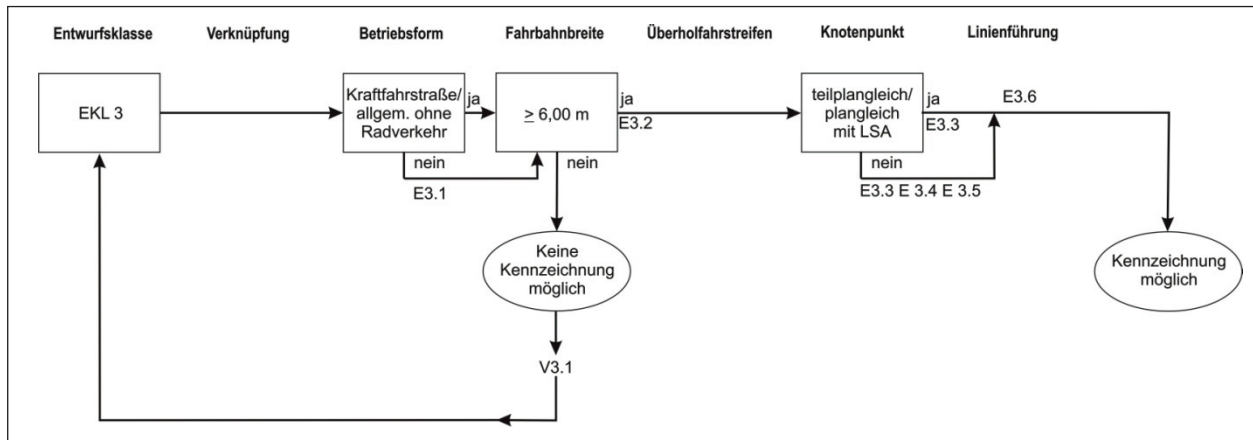


Bild 11: Entscheidungsbaum für Straßen der EKL 3 (FGSV, 2009a)

umgesetzt sein, bevor eine Kennzeichnung (K-Maßnahme) erfolgen kann. Die V-Maßnahmen sollen ggf. um E-Maßnahmen ergänzt werden. Dies sind Maßnahmen zur Verbesserung der sonstigen Entwurfsmerkmale. Aus Gründen der Verkehrssicherheit und des Verkehrsablaufes sollen durch diese die Straßen an die Festlegungen der RAL angenähert werden (FGSV, 2009a). Eine Auflistung der Maßnahmen ist dem Anhang 2 zu entnehmen. Können die Voraussetzungen zur Kennzeichnung einer Teilstrecke als Straße einer bestimmten EKL nicht hergestellt werden, entfällt deren Zuordnung zu einer EKL nach den RAL (FGSV, 2009a).

Das M EKLBest weist darauf hin, dass darauf geachtet werden muss, dass die Gestaltungselemente innerhalb einer Teilstrecke untereinander verträglich sind und somit eine kontinuierliche Streckencharakteristik gewährleistet werden kann. Dies gilt vor allem für die Übergangsbereiche zwischen den nicht ausgebauten und ausgebauten Teilstrecken. Daher sind ggf. Folgemaßnahmen zur Verbesserung der Übergangsbereiche erforderlich (FGSV, 2009a).

Bei Um- und Ausbaumaßnahmen können die Festlegungen der RAL aufgrund von Zwangsbedingun-



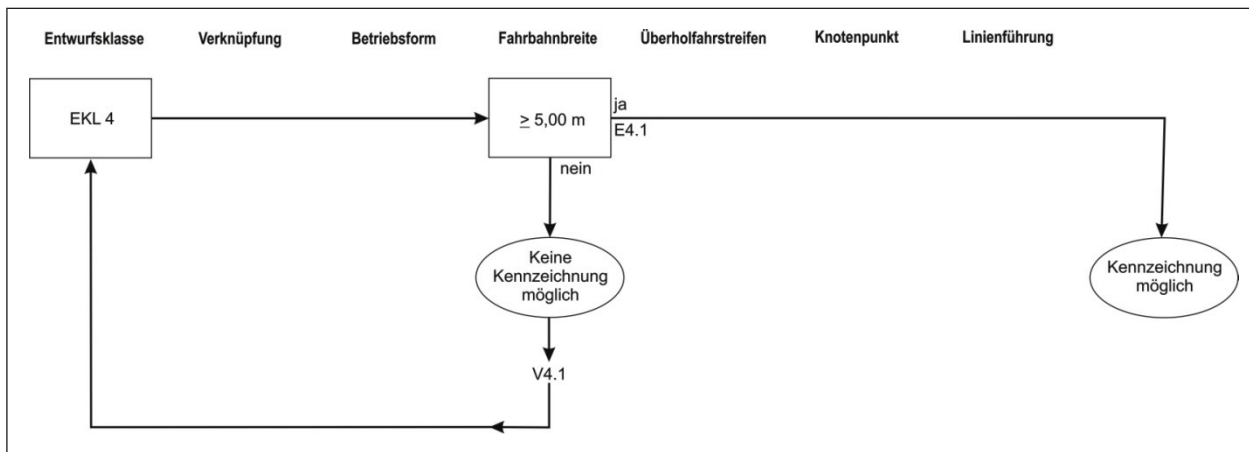


Bild 12: Entscheidungsbaum für Straßen der EKL 4 (FGSV, 2009a)

Fahrbahnbreite [m]	Ausweichstreifenbreite links [m]	Kernfahrbahnbreite [m]	Ausweichstreifenbreite rechts [m]
5,00	0,50	4,00	0,50
5,50	0,75	4,00	0,75
6,00	0,75	4,50	0,75
6,50	1,00	4,50	1,00
7,00	1,25	4,50	1,25
7,50	1,25	5,00	1,25

Tab. 10: Aufteilung bei Abweichungen vom RQ 9 (FGSV, 2009a)

gen nicht immer vollständig eingehalten werden. Das M EKLBest gibt daher Vorschläge zur Anpassung der Straßenquerschnitte, der Linienführung, der Knotenpunkte und der Ausstattung.

Hinsichtlich der Straßenquerschnitte gibt das M EKLBest Strategien an, wie die Elemente des Querschnitts im Falle einer Abweichung von den Regelmaßen sinnvoll aufgeteilt werden können.

Bei den Straßen der EKL 1, EKL 2 und EKL 3 sind bei kleineren Breiten als den Regelmaßen der RAL zunächst die Fahrstreifen und anschließend die Randstreifen zu verschmälern. In den dreistreifigen Abschnitten der Straßen der EKL 1 und EKL 2 ist im weiteren Vorgehen die Mittelstreifenbreite zu reduzieren. Liegen bei Straßen der EKL 4 geringere Breiten im Vergleich zu den Regelmaßen der RAL vor, sind zunächst die Kernfahrbahn und anschließend die Ausweichstreifen zu verschmälern.

Bestehen bei Straßen der EKL 1 und EKL 2 größere Fahrbahnbreiten im Vergleich zu den Regelmaßen nach den RAL, sind zunächst die Randstreifen und anschließend die Fahrstreifen zu verbreitern. In den

dreistreifigen Abschnitten ist im Weiteren eine erneute Verbreiterung der Randstreifen vorzunehmen. Bei Straßen der EKL 3 sind in diesem Fall ausschließlich die Randstreifen und bei Straßen der EKL 4 zunächst die Ausweichstreifen sowie anschließend die Kernfahrbahn zu verbreitern (FGSV, 2009a).

Das M EKLBest enthält für jede Entwurfsklasse eine Tabelle, in der diese Strategien an konkreten Fahrbahnbreiten angewendet werden. Beispielfähig ist für den RQ 9 eine solche in Tabelle 10 dargestellt. Die Tabellen für die anderen Querschnitte sind dem Anhang 3 zu entnehmen.

Das M EKLBest gibt ebenfalls Strategien an, wie mit Abweichungen von den Regelmaßen der RAL bei Rampen umzugehen und wie beim Ausbau von Überholfahrstreifen vorzugehen ist.

In Bezug auf Maßnahmen zur Anpassung der Linienführung werden im M EKLBest Handlungsanleitungen für die Elemente gegeben, die eine hohe Sicherheitsrelevanz haben. Dabei sind im Lageplan vor allem folgende Kriterien zu beachten (FGSV, 2009a):

- ausgewogene Radienrelation einhalten,
- aufeinanderfolgende Radien sollen mindestens im brauchbaren Bereich liegen,
- zu kleine Radien vergrößern und
- Radien im Anschluss von Geraden sollen möglichst den Forderungen der RAL entsprechen.

Im Höhenplan sind die Festlegungen der RAL zu den maximalen Längsneigungen, zur Schrägneigung sowie zu den Kuppen- und Wannenhalmessern einzuhalten. Weiterhin sind die Festlegungen

der RAL zu den erforderlichen Haltesichtweiten und zur räumlichen Linienführung einzuhalten. Dabei sind vor allem verdeckte Kurvenbeginne und Sichtschattenstrecken zu vermeiden.

Beim Um- und Ausbau soll ebenfalls das Bestreben der RAL nach Standardisierung in Bezug auf die Knotenpunktarten gelten. Dies ist vor allem für Straßen der EKL 1 und der EKL 2 von großer Bedeutung. Auch die Festlegungen der RAL zu den Knotenpunktelementen, der Knotenpunktlage, den maximal zulässigen Längsneigungen, den Neigungsübergängen und der Entwässerung sind zu beachten. Das M EKLBest gibt dabei Hinweise, wie mit den im Bestand vorhandenen Knotenpunkten bei den jeweiligen Entwurfsklassen umzugehen ist. Für Straßen der EKL 1 gilt vor allem (FGSV, 2009a):

- Anpassung von teilplanfreien Knotenpunkten an die Vorgaben der RAL,
- Aus- oder Umbau von teilplangleichen Knotenpunkten,
- Vermeidung von plangleichen Knotenpunkten mit LSA,
- Abhängung von kreuzenden oder einmündenden Straßen unterhalb der EKL 3 und
- Vermeidung von Kreisverkehren.

Die wichtigsten Festlegungen für Straßen der EKL 2 sind (FGSV, 2009a):

- Verbleib von teilplanfreien Knotenpunkten,
- Knotenpunktstand: mindestens 2,0 km,
- Umbau von plangleichen Kreuzungen zu teilplangleichen Knotenpunkten oder
- Signalisierung von plangleichen Knotenpunkten.

Für Straßen der EKL 3 gilt vor allem (FGSV, 2009a):

- Signalisierung von plangleichen Knotenpunkten bei Knotenpunktbelastungen von mindestens 8.000 Kfz/24 h oder
- Umbau von plangleichen Knotenpunkten zu Kreisverkehren und
- Umbau von schiefwinkligen Kreuzungen zu einem Versatz.

Straßen der EKL 4 sollten vor allem plangleiche Knotenpunkte ohne LSA aufweisen. Sind auf beste-

henden Straßen der EKL 4 plangleiche Knotenpunkte mit z. B. Linksabbiegestreifen oder Fahrbahnteilern ausgestattet, sollten diese Knotenpunktelemente verbleiben (FGSV, 2009a).

Das M EKLBest gibt des Weiteren Hinweise, wie die um- bzw. auszubauenden Streckenzüge in das Bestandsnetz einzubinden sind. Dabei sind vor allem die Gestaltung der angrenzenden Streckenabschnitte und die Ausbildung der Übergangsbereiche von Bedeutung. Die Länge der zu betrachtenden Streckenabschnitte ist von den Randbedingungen der Um- bzw. Ausbaustrecke abhängig. In diesen sind vor allem zu geringe Einzelradien und Radienfolgen, die im nicht brauchbaren Bereich liegen, anzupassen. Weiterhin sind bei kritischen Sichtweiten in zweistreifigen Abschnitten Überholverbote anzuordnen (FGSV, 2009a).

Bei der Ausbildung der Übergangsbereiche ist zu beachten, dass dem Verkehrsteilnehmer der sich ändernde Querschnitt verdeutlicht werden soll. Demnach sind vor allem die Fahrbahnänderer und die Längsmarkierungen anzupassen. Das M EKLBest empfiehlt, Übergänge im Bereich von Knotenpunkten auszuführen und gibt für die jeweiligen Entwurfsklassen Hinweise, wie in konkreten Fällen vorzugehen ist (FGSV, 2009a).

Der Entwurf des M EKLBest weist einen hohen Änderungsbedarf auf. Dies äußert sich unter anderem durch folgende Punkte:

- Durch die umfangreichen Zitate der Inhalte der RAL wirkt das Merkblatt wie ein eigenständiges Regelwerk. Das Ziel ist jedoch, es ergänzend zu den RAL anzuwenden.
- Die Inhalte des M EKLBest sind schlecht strukturiert. Es fehlt der rote Faden, was die Anwendung kompliziert macht.
- Die im Text erläuterten Mindestanforderungen an die Kennzeichnungsabschnitte sind nicht konform zu denen, die in den Entscheidungsbäumen aufgeführt sind. Die Anforderungen sind kritisch zu prüfen. Vor allem wird angenommen, dass die Mindestlängen der Kennzeichnungsabschnitte im bestehenden Netz nicht eingehalten werden können.
- Es ist nicht schlüssig, wozu die ergänzenden Maßnahmen dienen. Sind die voraussetzenden Maßnahmen umgesetzt, kann eine Kennzeichnung nach den RAL erfolgen. Die ergänzenden Maßnahmen sind in diesem Fall nicht erforderlich.

- Das M EKLBest weist nicht darauf hin, wie zu verfahren ist, wenn keine Kennzeichnung nach den RAL erfolgen kann.
- Die Tabellen zur Aufteilung der Querschnittselemente bei Abweichungen der vorhandenen Fahrbahnbreiten von den Festlegungen der RAL sind zu prüfen. Vor allem bei Straßen der EKL 1 wird nicht berücksichtigt, dass die Querschnittsmaße im zweistreifigen Bereich von denen im dreistreifigen Bereich abhängen. Auch ist die Reihenfolge der Verschmälerung bzw. der Verbreiterung der Querschnittselemente zu prüfen.
- Die Festlegungen zu den Übergangsbereichen berücksichtigen nicht alle im Bestandsnetz möglichen Fälle.

### 2.1.2 Internationale Regelwerke

In den Niederlanden und in Dänemark wird auch das Prinzip der Standardisierung von Straßen umgesetzt. Zusätzlich kommen in weiteren benachbarten Ländern einbahnig dreistreifige Querschnitte zur Anwendung. Für einen Überblick über internationale Festlegungen wurde eine Auswahl der Querschnitte analysiert.

#### Niederlande

Das Prinzip der Standardisierung von Straßen wird in den Niederlanden seit dem Jahr 2002 umgesetzt. Der Entwurf von Straßen erfolgt in den Niederlanden auf der Grundlage des „Handbuches für Straßenentwurf für Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften“ (nl.: Handboek Wegontwerp). Dabei wird das Straßennetz nach drei Straßentypen auf der Grundlage der Funktion der Straße differenziert (CROW, 2013c):

- Hauptverbindungsstraßen (nl.: stroomweg (SW)),
- Flächenerschließende Straßen (nl.: gebiedsontsluitingsweg (GOW)) und
- Anbindungsstraßen (nl.: erftoegangsweg (EWT)).

Eine Übersicht über die Einteilung des Straßennetzes ist dem Bild 13 zu entnehmen. Das Handbuch setzt sich aus vier Teilen zusammen. In einem Teil werden die Grundlagen zum Straßenentwurf geregelt. Die anderen drei umfassen die Entwurfsvorgaben der drei Straßentypen, wobei jeder Typ in einem eigenständigen Teil behandelt wird.

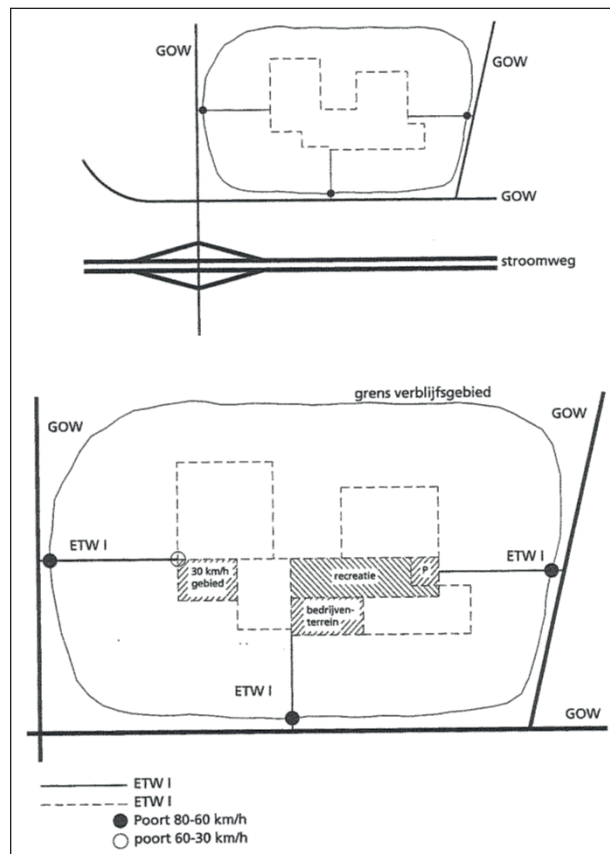


Bild 13: Einteilung des niederländischen Straßennetzes (CROW, 2013c)

Hauptverbindungsstraßen (SW) sollen hohe Verkehrsstärken abwickeln und hohe Fahrgeschwindigkeiten gewährleisten können. Sie werden noch einmal in nationale und regionale Hauptverbindungsstraßen unterschieden (CROW, 2013a).

Nationale Hauptverbindungsstraßen werden als Autobahnen mit einem zweibahnig zweistreifigen Querschnitt ausgebildet. Deren Entwurf ist in einer separaten Richtlinie geregelt. Auf nationalen Hauptverbindungsstraßen beträgt die zulässige Höchstgeschwindigkeit 120 km/h (CROW, 2013a).

Für Regionale Hauptverbindungsstraßen sind u. a. folgende Gestaltungsmerkmale festgelegt (CROW, 2013a):

- anbaufrei,
- Kraftfahrstraße,
- zulässige Geschwindigkeit:  $V_{zul} = 100 \text{ km/h}$ ,
- Regelquerschnitt: 2x1 Fahrstreifen,
- physikalische Richtungstrennung und
- kontinuierliche Längsmarkierung.

In Ausnahmefällen kann bei sehr hohen Verkehrsstärken auch ein Querschnitt mit 2x2 Fahrstreifen angewendet werden. Der Aufbau der Querschnitte ist Anhang 4 zu entnehmen. Die Fahrstreifenbreite beträgt bei Zweistreifigkeit in der Regel 3,25 m und bei Einstreifigkeit 3,00 m. Der Randstreifen hat stets eine Breite von 0,60 m und das Bankett eine Breite von 1,65 m. Die Randstreifen sind stets mit einer durchgezogenen Linie markiert.

Alternativ kann bei regionalen Hauptverbindungsstraßen bei sehr hohen Verkehrsstärken ein Überholfahrstreifen angeordnet werden. Das Regelwerk unterscheidet dabei nach folgenden Querschnittstypen:

- RWS 2x1+1 (zweibahnig einstreifig mit Überholfahrstreifen und baulicher Fahrtrichtungstrennung) und
- RWS 1x2+1 (einbahnig zweistreifig mit Überholfahrstreifen und verkehrstechnischer Fahrtrichtungstrennung).

Zu diesen ist im Anhang 5 die Aufteilung der Querschnittselemente dargestellt.

Die Knotenpunkte werden bei Hauptverbindungsstraßen planfrei ausgebildet (CROW, 2013a).

Die Erschließung von städtischen und ländlichen Gebieten erfolgt über Flächenerschließende Straßen (GOW). Diese sind nicht für den langsam fahrenden Verkehr freigegeben. Sie werden nicht als Kraftfahrstraße und mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h betrieben. Auf Flächenerschließenden Straßen besteht kein generelles Überholverbot (CROW, 2013b).

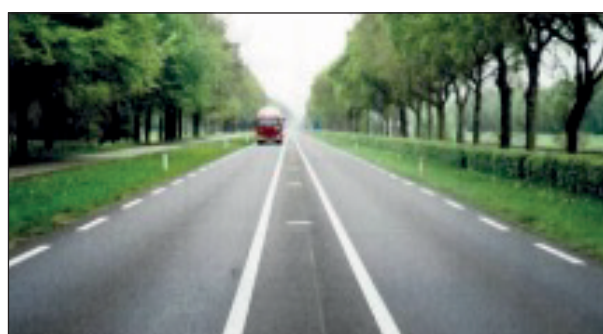
Flächenerschließende Straßen werden hinsichtlich deren Querschnittsgestaltung noch einmal nach den Typen

- GOW I: 2x1 (zweibahnig einstreifig mit physischer Fahrtrichtungstrennung) und
- GOW II: 1x2 (einbahnig zweistreifig mit verkehrstechnischer Fahrtrichtungstrennung)

differenziert. Prinzipiell erfolgt die Querschnittsgestaltung von Flächenerschließenden Straßen analog zu der der regionalen Hauptverbindungsstraßen. Bei den zweibahnigen Flächenerschließenden Straßen werden dabei anstelle der baulichen Richtungstrennung Mittelstreifen zur Trennung der Fahrtrichtungen angeordnet (Bild 14). Flächenerschließende



**Bild 14:** Flächenerschließende Straße mit baulicher Richtungstrennung (GOW I) (CROW, 2008)

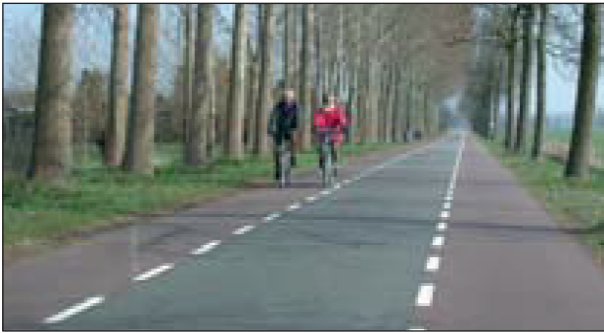


**Bild 15:** Flächenerschließende Straße mit einem einbahnigen Querschnitt (GOW II) (CROW, 2008)

ßende Straßen können weiterhin mit einem einbahnigen Querschnitt ausgebildet werden. Die Trennung der Fahrtrichtungen erfolgt dabei über zwei durchgehende Fahrstreifenbegrenzungslinien ohne Füllung (Bild 15).

Bei den Flächenerschließenden Straßen werden die Knotenpunkte in Abhängigkeit von den Straßentypen der zu verknüpfenden Straßen ausgebildet. Dabei erfolgt die Verknüpfung zwischen den Flächenerschließenden Straßen des Typs GOW I und den Hauptverbindungsstraßen, den Flächenerschließenden Straßen und den Anbindungsstraßen des Typs ETW I über Kreisverkehre oder plangleiche Kreuzungen mit LSA und eventueller Geschwindigkeitsbeschränkung. Verknüpfungen mit Anbindungsstraßen des Typs ETW II sind möglichst zu vermeiden. Flächenerschließende Straßen des Typs GOW II sind an nationale Hauptverbindungsstraßen und Flächenerschließende Straßen über Kreisverkehre oder plangleiche Kreuzung eventuell mit LSA und/oder Geschwindigkeitsbeschränkung anzubinden. Die Verknüpfung von Flächenerschließenden Straßen des Typs GOW II mit regionalen Hauptverbindungsstraßen erfolgt analog zu der mit nationalen Hauptverbindungsstraßen. Die plangleichen Kreuzungen sind jedoch mit einer LSA auszu-





**Bild 16:** Anbindungsstraße des Typs ETW I (MATENA U. A., 2006)

statten. Weiterhin sind zwischen Flächenerschließenden Straßen des Typs GOW II und Anbindungsstraßen Kreisverkehre oder plangleiche Kreuzungen eventuell mit einer Geschwindigkeitsbeschränkung anzuordnen (CROW, 2013b).

Anbindungsstraßen (ETW) sind einbahnige Straßen ohne Fahrtrichtungstrennung. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit ist auf diesen Straßen in der Regel auf 60 km/h beschränkt. Anbindungsstraßen werden noch einmal in zwei Typen unterteilt. Straßen des Typs ETW I verbinden z. B. Gemeinden. Nach dem Handboek Wegontwerp kann die Fahrbahnbreite bis zu 4,50 m ausgebildet werden. Der Randstreifen ist in der Regel 0,50 m breit, kann jedoch eine Breite von bis zu 2,00 m aufweisen. Ab 1,50 m Breite wird der Randstreifen verkehrsrechtlich zum Radfahrstreifen. In diesem Fall wird dieser rot und mit einem weißen Fahrradpiktogramm markiert. Eine Darstellung vom Aufbau des Querschnitts ist dem Anhang 6 zu entnehmen. Die Markierung erfolgt über seitliche Leitlinien (Bild 16). Es wird jedoch empfohlen, bei unzureichenden Sichtweiten eine Leitlinie in Fahrbahnmitte aufzubringen. So sollen in Begegnungsfällen mögliche Konflikte vermieden werden (CROW, 2013c).

Anbindungsstraßen des Typs ETW II sind eher Wirtschaftswegen. Deren Fahrbahn ist kleiner als B = 4,50 m und üblicherweise nicht markiert (CROW, 2013c).

Die Verknüpfungen zwischen Anbindungsstraßen werden über plangleiche Knotenpunkte ausgebildet. An diesen sind Beschränkungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit vorzunehmen (CROW, 2013c).

In den Niederlanden wurde weiterhin im Jahr 2004 eine Richtlinie zur Implementierung der wesentlichen Wiedererkennbarkeitsmerkmale für bestehende



**Bild 17:** regionale Hauptverbindungsstraße ohne bauliche Mitteltrennung (CROW, 2004)

Straßen herausgegeben, die „Richtlijn essentiële herkenbaarheidkenmerken van weginfrastructuur: wegwijzer voor implementatie“. In diesen sind für die nach den geltenden Entwurfsrichtlinien definierten Straßentypen die wesentlichsten Wiedererkennbarkeitsmerkmale herausgearbeitet (Anhang 7). Dabei ist die Straßenmarkierung in Kombination mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit das deutlichste Wiedererkennbarkeitsmerkmal (CROW, 2004).

Für die Umsetzung der Implementierung wurde zunächst das Straßennetz auf der Grundlage einer Analyse der funktionalen Einteilung dessen kategorisiert. Im Weiteren geben die Richtlinien Hinweise, wie die Straßentypen auf bestehende Straßen anzuwenden sind (CROW, 2004).

Der Typ I 2x1 der regionalen Hauptverbindungsstraßen kommt bei bestehenden einbahnigen Straßen zum Einsatz, wenn der Querschnitt bei diesen keine bauliche Richtungstrennung aufweist. In diesem Fall wird die Straße mit einer doppelten Mittelmarkierung mit „grüner Füllung“ gekennzeichnet (Bild 17).

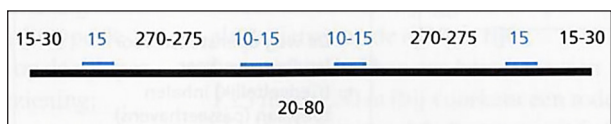
Die Aufteilung der Querschnittselemente auf die vorhandene befestigte Fahrbahnfläche ist in Bild 18 dargestellt. Die Elemente werden mit folgenden Maßen ausgebildet (CROW, 2004):

- beidseitig befestigte Randstreifen: 0,30 m bis 0,60 m,
- beidseitig durchgehende Fahrbahnbegrenzungslinien: 0,20 m,
- Fahrstreifenbreite: 2,95 m bis 3,00 m,
- durchgehend doppelte Fahrtrichtungstrennungslinien: 0,15 m bis 0,20 m und
- „grüne Füllung“: 0,20 m bis 0,80 m.

Bei der Anwendung des nach den Richtlinien vorgegebenen einbahnigen Querschnitts von Flächener-



**Bild 18:** Querschnitt des Typs I 2x1 der Hauptverbindungsstraßen (Maße in [cm]) (CROW, 2004)



**Bild 19:** Querschnitt des Typs GOW II der Flächenerschließenden Straßen (Maße in [cm]) (CROW, 2004)

Hastighedsklasse	Betegnelse	Ønsket hastighed	
Høj	H <sup>+</sup>	120 – 130 Km/h	↑ Gennemfartsveje
	H	90 – 110 km/h	
Middel	M <sup>+</sup>	80 km/h	↑ Fordelingsveje
	M	60 – 70 km/h	
Lav	L <sup>+</sup>	40 – 50 km/h	↑ Lokalveje
	L	30 km/h	

**Bild 20:** Kombination von zulässigen Höchstgeschwindigkeiten und Straßenkategorien (VEJDIREKTORATET, 2006a)

schließenden Straßen auf bestehende Straßen, können dessen Elemente wie folgt variieren (CROW, 2004):

- beidseitig befestigter Fahrbahnrand: 0,15 m bis 0,30 m,
- beidseitig unterbrochene Fahrbahnbegrenzungslinien: 0,15 m,
- Fahrstreifenbreite: 2,70 m bis 2,75 m,
- durchgehend doppelte Fahrtrichtungstrennungslinien: 0,10 m bis 0,15 m und
- Abstand zwischen Fahrtrichtungstrennungslinien: 0,20 m bis 0,80 m.

Die Aufteilung der Querschnittselemente ist in Bild 19 dargestellt.

Liegen bei den bestehenden Straßen im Vergleich zu den von den Richtlinien vorgesehenen Fahrbahnbreiten geringere Fahrbahnbreiten vor, so können die oben genannten Elemente der Querschnitte nach folgender Reihenfolge auf die angegebenen Minimalwerte verringert werden (CROW, 2004):

1. Fahrstreifenbreite
2. nur bei Flächenerschließenden Straßen: Abstand zwischen den doppelten Fahrtrichtungstrennungslinien
3. Breite der Fahrtrichtungstrennungslinien

4. nur bei Hauptverbindungsstraßen: „grüne Füllung“ zwischen den doppelten Fahrtrichtungstrennungslinien

5. befestigte Randstreifen

## Dänemark

Die Querschnittsgestaltung von Landstraßen erfolgt in Dänemark nach dem Regelwerk „Trafikarealer, Land – Tværprofiler“. Dieses besteht aus zwei Teilen, einem Handbuch (VEJDIREKTORATET, 2006a) und einer Beispielsammlung (VEJDIREKTORATET, 2006b). In Dänemark wird auch das Entwurfsprinzip der Standardisierung und Wiedererkennbarkeit verfolgt. Dieses soll aber nur im Rahmen von Neubaumaßnahmen zum Einsatz kommen. Nach dem Regelwerk sind die Gestaltung der Querschnitte und die Markierung die wesentlichen Wiedererkennungsmerkmale einer Straßenkategorie. Die Umsetzung des Entwurfsprinzips erfolgt dabei über eine Kombination von definierten zulässigen Höchstgeschwindigkeiten und Straßenkategorien (Bild 20). Dafür werden die Landstraßen entsprechend ihrer Funktion nach

- Schnellstraßen (dän.: Gennemfartsveje),
- Erschließungsstraßen (dän.: Fordelingsveje) und
- Lokalstraßen (dän.: Lokalveje)

unterschieden (MATENA u. a., 2006).

Das dänische Regelwerk hat weiterhin folgende Arten der Querschnittsgestaltung festgelegt:

- 6 Fahrstreifen,
- 4 Fahrstreifen,
- 2+1 Fahrstreifen,
- 2 Fahrstreifen und
- 2-1 Fahrstreifen.

Aus der Kombination der möglichen Querschnittsgestaltungen und den zulässigen Höchstgeschwindigkeiten ergeben sich 18 Varianten für die Anordnung von Straßen (MATENA u. a., 2006). Eine Übersicht der möglichen Varianten und die Darstellungen der möglichen Querschnitte sind in den Anhängen Anhang 8 und Anhang 9 enthalten. Die mehrstreifigen Querschnitte weisen in der Regel Fahrstreifenbreiten von 3,50 m und Randstreifenbreiten von 0,50 m auf. Die verkehrstechnische Mittelstreifenbreite beträgt in der Regel 1,70 m, kann jedoch

auf bis zu 1,00 m verringert werden. Auf den einbahnigen Querschnitten haben die Randstreifen eine Breite von 1,00 m. Demnach beträgt die Breite der Kernfahrbahn je nach Fahrbahnbreite 3,00 m bis 3,50 m. Wenn vorhanden, hat das Bankett stets eine Breite von 2,50 m.

Die Schnellstraßen werden als Krafffahrstraßen betrieben und über planfreie Knotenpunkte mit dem Straßennetz verknüpft (MATENA u. a., 2006).

Erschließungsstraßen haben neben einer Mobilitäts- auch eine Verteilungsfunktion. Der landwirtschaftliche Verkehr ist auf derartigen Straßen nicht zugelassen. Für Radfahrer sollen ab Verkehrsstärken von 2.000 Kfz/24 h separate Radwege angeordnet werden. Die Verknüpfungen zwischen Erschließungsstraßen und dem übrigen Straßennetz erfolgt über Kreisverkehre. Wenn die zulässigen Geschwindigkeiten auf 70 km/h beschränkt sind, können plangleiche Knotenpunkte mit LSA ausgebildet werden. Weiterhin sind bei plangleichen Einmündungen die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten auf 50 km/h zu beschränken (MATENA u. a., 2006).

Auf Lokalstraßen bestehen keine Zulassungsbeschränkungen. Sie werden über Kreisverkehre oder plangleiche Einmündungen an das Straßennetz angebunden (MATENA u. a., 2006).

### Schweden

In Schweden wird seit dem Jahr 1995 das Leitbild „Vision Zero“ verfolgt. Dessen Ziel ist es, dass durch den Straßenverkehr keine Personen getötet oder schwer verletzt werden. Verkehrssicherheit auf Straßen bedeutet dabei im Sinne der „Vision Zero“, dass Straßen mehr der menschlichen Leistungsfähigkeit angepasst werden und Fehler der Fahrzeugführer zulassen, ohne dass gleich jemand getötet oder schwer verletzt wird (VÄGVERKET, 2006).

Für die Umsetzung des Leitbildes werden verschiedene Maßnahmen ergriffen. Eine davon ist z. B. der Umbau von den 13,00 m breiten Landstraßen, da auf diesen die meisten aller Verkehrstoten zu verzeichnen waren. Die Straßen sollen in 2+1-Straßen umgestaltet werden, wobei die Fahrtrichtungstrennung mit Stahlseil-Barrieren erfolgt (Bild 21) (DERR, 2003).

Der Aufbau von einem typischen Querschnitt von bestehenden 2+1-Straßen mit Stahlseil-Barrieren ist im Anhang 10 enthalten. Der Überholfahrstreifen und der rechts daneben angeordnete Fahrstreifen



Bild 21: 2+1-Straße in Schweden (DERR, 2003)

haben eine Breite von 3,25 m. Die Breite des Fahrstreifens in entgegengesetzter Fahrtrichtung beträgt 3,75 m. Die Fahrtrichtungen werden über einen 1,25 m breiten Mittelstreifen voneinander getrennt. Die beiden Randstreifen haben eine Breite von 0,75 m und sind für Radfahrer freigegeben. Zusätzlich kann auf der Seite mit nur einem Fahrstreifen ein 1,00 m breiter unbefestigter Streifen angeordnet werden, welcher für Rettungsfahrzeuge dient (DERR, 2003).

Die Richtlinien für den Entwurf von 2+1-Straßen wurden überarbeitet, wobei die Maße der Querschnittselemente verändert wurden (Anhang 10). Für herkömmliche Straßen hat nun der Fahrstreifen auf der Seite der einstreifigen Fahrtrichtung eine Breite von 3,50 m und der Mittelstreifen eine Breite von 1,50 m. Bei autobahnähnlichen Straßen hat nun der Fahrstreifen auf der Seite der einstreifigen Fahrtrichtung eine Breite von 3,75 m und der Mittelstreifen eine Breite von 1,75 m. Die Randstreifen werden dafür auf 0,50 m verschmälert. Erfolgt beim Neu-, Um- oder Ausbau von herkömmlichen und autobahnähnlichen Straßen eine Verbreiterung der Fahrbahnbreite auf 14,00 m, wird auf der Seite der einstreifigen Fahrtrichtung ein Fahrstreifen mit einer Breite von 3,75 m und ein Mittelstreifen mit einer Breite von 1,75 m angeordnet. Die Randstreifen werden bei herkömmlichen Straßen auf 1,00 m verbreitert. Bei autobahnähnlichen Straßen wird der Randstreifen auf der einstreifigen Seite auf 1,00 m



verbreitert, auf der zweistreifigen Seite jedoch auf 0,50 m verschmälert. Die Breiten des Überholfahrstreifens und des rechts neben diesem angeordneten Fahrstreifens werden jedoch auf 3,50 m verbreitert (Anhang 10) (DERR, 2003).

Auf den nach den neuen Richtlinien entworfenen autobahnähnlichen 2+1-Straßen beträgt die zulässige Höchstgeschwindigkeit 110 km/h und auf herkömmlichen 2+1-Straßen 90 km/h. Lastkraftwagen dürfen stets maximal 80 km/h fahren (DERR, 2003).

Die Verknüpfung zwischen 2+1-Straßen und dem übrigen Straßennetz erfolgt über plangleiche Knotenpunkte mit einem zusätzlichen Linksabbiegestreifen. Der Überholfahrstreifen wird vor dem Knotenpunkt eingezogen (DERR, 2003).

### Irland

Die Straßen in Irland werden wie folgt klassifiziert:

- Autobahn (motorway),
- Hauptverkehrsstraße (national road),
- Regionalstraße (regional road) und
- Lokalstraße (unclassified road).

Die Hauptverkehrsstraßen werden dabei noch einmal nach „national primary roads“ und „national secondary roads“ differenziert. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt auf Autobahnen 120 km/h, auf Hauptverkehrsstraßen 100 km/h sowie auf Regional- und Lokalstraßen 80 km/h.

In Irland ist die National Roads Authority (NRA) für ein sicheres und effizientes Netz von Hauptverkehrsstraßen zuständig. Für den Entwurf von Hauptverkehrsstraßen hat sie das Regelwerk „NRA



Bild 22: 2+1-Straßen in Irland (NRA, 2004)

Design Manual for Roads and Bridges“ (NRA DMRB) herausgegeben. Der Straßenentwurf erfolgt dabei in Abhängigkeit von einer Entwurfsgeschwindigkeit, welche auf der Grundlage der zulässigen Höchstgeschwindigkeit bestimmt wird (NRA, 2012). Nach dem NRA DMRB können Hauptverkehrsstraßen mit einer Vielzahl an unterschiedlichen Querschnitten ausgebildet werden. Die Fahrbahnen können dabei von 6,00 m bis 7,30 m breit sein.

Die NRA hat für die Verbesserung der Verkehrssicherheit von „national primary roads“ die Möglichkeit eingeführt, diese als einbahnig dreistreifige Querschnitte auszubilden (Bild 22).

Der Aufbau der Querschnitte ist im Anhang 12 enthalten. Alle Fahrstreifen haben eine Breite von 3,50 m. Die Fahrtrichtungstrennung erfolgt über einen 2,00 m breiten Mittelstreifen, auf dem Stahlseil-Barrieren angeordnet sind. Der Randstreifen auf der einstreifigen Seite hat eine Breite von 1,0 m und auf der zweistreifigen Seite eine Breite von 0,5 m. Insgesamt beträgt die Fahrbahnbreite 14,00 m (NRA, 2004).

Auf 2+1-Straßen ist Fuß- und Radverkehr zugelassen. Die Verknüpfung zum Straßennetz erfolgt über plangleiche Knotenpunkte mit einem zusätzlichen Linksabbiegestreifen (NRA, 2004).

### Finnland

In Finnland bestehen zwei Möglichkeiten, den Querschnitt von einbahnig dreistreifigen Landstraßen zu gestalten. Die Darstellungen zur Querschnittsaufteilung sind im Anhang 11 dargestellt. Dabei können einbahnig dreistreifige Straßen mit oder ohne bauliche Fahrtrichtungstrennung ausgebildet werden (DERR, 2003).

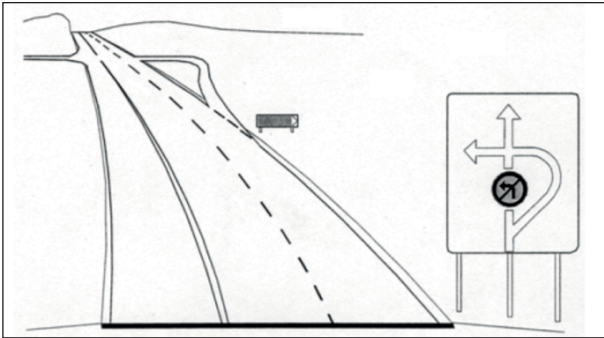
Die Querschnitte ohne bauliche Fahrtrichtungstrennung haben eine Fahrbahnbreite von 13,00 m. Der Überholfahrstreifen ist 3,50 m, der Fahrstreifen rechts daneben ist 3,25 m und der Fahrstreifen des Gegenverkehrs ist 3,75 m breit. Weiterhin haben die beiden Randstreifen eine Breite von 1,25 m. Die Trennung der Fahrtrichtungen erfolgt über zwei Sperrlinien (Bild 23) (DERR, 2003).

Straßen, die mit einem einbahnig dreistreifigen Querschnitt mit baulicher Fahrtrichtungstrennung ausgestattet werden, haben Fahrbahnbreiten von 14,35 m. Der Überholfahrstreifen ist 3,25 m, der Fahrstreifen rechts daneben ist 3,50 m und der Fahrstreifen des Gegenverkehrs ist 3,75 m breit. Der Randstreifen auf der zweistreifigen Seite wird





**Bild 23:** 2+1-Straße ohne bauliche Fahrtrichtungstrennung in Finnland (DERR, 2003)



**Bild 24:** Knotenpunkt im Zuge von 2+1-Straßen in Finnland (DERR, 2003)

mit einer Breite von 0,90 m und der Randstreifen auf der einstreifigen Seite mit einer Breite von 1,25 m ausgebildet. Der Mittelstreifen hat eine Breite von 1,70 m. Auf diesem werden Stahlschutzplanke angeordnet (DERR, 2003).

Einbahnig dreistreifige Straßen werden über plangleiche Knotenpunkte mit dem Straßennetz verbunden. Die Linksabbieger werden dabei über einen separaten Fahrstreifen geführt, der rechts von der Fahrbahn abgezweigt wird (Bild 24). Dadurch behindern die Linksabbieger den Hauptstrom nicht (DERR, 2003).

Die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 2+1-Straßen in Finnland beträgt für Personenkraftwagen 100 km/h und für Lastkraftwagen 80 km/h (DERR, 2003).

## Österreich

In Österreich werden Straßen außerhalb von geschlossenen Ortschaften als Freilandstraßen bezeichnet. Die für den Entwurf von Freilandstraßen geltenden Regelwerke separieren dabei noch einmal die ländlichen Straßen und Wege. Für ländliche Straßen und Wege gibt es ein eigenes Regelwerk.

Bei dem Entwurf von Freilandstraßen werden die Querschnitte je nach zu erwartenden Geschwindigkeiten, Verkehrsstärken und Verkehrszusammensetzungen dimensioniert. Es bestehen keine fest-

gelegten Querschnittsbreiten. Diese ergeben sich vielmehr aus den erforderlichen Breiten der Querschnittselemente, die unabhängig voneinander bestimmt werden (FSV, 2005).

Die Bestimmung der Anzahl und der Breite der Fahrstreifen erfolgt in Abhängigkeit von der Funktion der Straße, von der Projektierungsgeschwindigkeit  $V_P^2$  und von der täglichen Lkw-Verkehrsstärke ( $DTLV_W$ ) pro Fahrstreifen (Anhang 13). Die Fahrstreifenbreite kann dabei zwischen 2,75 m und 3,75 m variieren. Die Randstreifenbreite ist mit 0,25 m bei Fahrbahnbreiten  $B < 6,50$  m und mit 0,50 m bei Fahrbahnbreiten  $B \geq 6,50$  m auszubilden. Das Bankett setzt sich aus dem äußeren unbefestigten Seitenstreifen und dem Außenstreifen zusammen. Der äußere unbefestigte Seitenstreifen wird bei Fahrbahnbreiten von  $B < 7,00$  m mit einer Breite von 0,25 m bei Fahrbahnbreiten von  $B \geq 7,00$  m mit einer Breite von 0,50 m ausgebildet. Die Breite des Außenstreifens beträgt in der Regel 0,75 m (FSV, 2005).

Die Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV) hat neben dem Regelwerk „Querschnittselemente Freilandstrecken; Verkehrs- und Lichtraum“ (FSV, 2005) zusätzlich für Freilandstraßen ein Regelwerk „Dreistreifige Querschnitte (2+1-Querschnitte)“ (FSV, 2008) herausgegeben. Einbahnig dreistreifige Querschnitte sollen bei folgenden Fällen zum Einsatz kommen (FSV, 2008):

- Neubau von Hauptverkehrsstraßen,
- Neubau von Schnellstraßen und Autobahnen und
- Umgestaltung bestehender Straßen durch Ummarkierung ohne oder mit Umbau.

Nach dem Regelwerk ist der Einsatz von einbahnig dreistreifigen Querschnitten bei Verkehrsstärken von 7.000 Kfz/24 h bis 18.000 Kfz/24 h sinnvoll. Sie sollten weiterhin als Autostraßen ausgewiesen werden (FSV, 2008).

Für einen Neu- oder Umbau sind die Regelabmessungen der Querschnittselemente eines 2+1-Querschnittes in Anhang 14 dargestellt. Die prinzipielle Dimensionierung erfolgt dabei nach dem Regelwerk „Querschnittselemente Freilandstrecken; Verkehrs- und Lichtraum“ (FSV, 2005). Wenn nach diesem für

<sup>2</sup> Unter der Projektierungsgeschwindigkeit wird die zu erwartende 85 % Pkw-Geschwindigkeit verstanden, die durch freie fahrende Einzelfahrzeuge aufgrund der Anlageverhältnisse an einer bestimmten Stelle der Straße gefahren wird (FSV, 2001).

den Überholfahrstreifen eine Fahrstreifenbreite von  $B \geq 3,50$  m vorzusehen ist, soll die Fahrstreifenbreite 3,50 m betragen. In allen anderen Fällen und in den übrigen Fahrstreifen ist der Fahrstreifen mit einer Breite von 3,50 m auszubilden. Der Trennstreifen ist in der Regel 0,75 m breit. Dieser nimmt die Längsmarkierungen auf, welche als doppelte Sperrlinien ausgebildet werden (FSV, 2008).

Die Richtlinie „Dreistreifige Querschnitte (2+1-Querschnitte)“ geben auch Hinweise darüber, wie eine Ummarkierung auf bestehenden Straßen ausgebildet werden kann. Für eine Ummarkierung muss die Fahrbahn mindestens 11,0 m breit sein. Dabei betragen die Mindestmaße für die Querschnittselemente (FSV, 2008):

- Überholstreifenbreite: 3,00 m,
- Fahrstreifenbreite: 3,30 m,
- Trennstreifenbreite: 0,60 m und
- Randstreifenbreite: 0,40 m.

Die Bankette sind standfest auszuführen (1,25 m mit 0,50 m unbefestigter Seitenstreifen und 0,75 m Außenstreifen).

Liegen auf den bestehenden Straßen Fahrbahnbreiten zwischen der Mindestbreite und der nach dem Regelwerk erforderlichen vor, so sind die Querschnittselemente nach folgender Reihenfolge zu verbreitern (FSV, 2008):

1. Verbreiterung der Trennstreifen auf 0,75 m
2. Verbreiterung der Randstreifen auf 0,50 m
3. Verbreiterung des Überholstreifens auf 3,25 m
4. Verteilung der verbleibenden Breite zu gleichen Teilen auf die äußeren Fahrstreifen

Liegen umgekehrt auf den bestehenden Straßen größere Fahrbahnbreiten als zu der nach dem Regelwerk erforderlichen vor, so ist zunächst der Trennstreifen auf maximal 1,00 m zu verbreitern. Anschließend ist die verbleibende Breite auf die befestigten Seitenstreifen zu verteilen.

Die Verknüpfungen zum Straßennetz sollten möglichst über planfreie Knotenpunkte erfolgen (FSV, 2008).

## 2.2 Stand der Forschung

Für die Entwicklung einer Strategie zur Übertragung des Entwurfsprinzips der EKL nach den RAL

auf bestehende Straßen sind vor allem Kenntnisse über die Hintergründe der Regelwerke von Bedeutung. Daher wurden einschlägige Projekte recherchiert, die im Vorlauf und begleitend zur Erarbeitung der RAL durchgeführt wurden. Weiterhin wurden erste Erfahrungen bei der Übertragung des Entwurfsprinzips nach den RAL auf bestehende Straßen analysiert.

### 2.2.1 Gestaltung von 2+1 Straßen

ZIERKE (2010) bestätigt die RAL hinsichtlich der Anordnung eines verkehrstechnischen Mittelstreifens auf einbahnig dreistreifigen Straßen. Durch die Anordnung eines verkehrstechnischen Mittelstreifens mit einer Breite von mindestens 1,00 m haben die Fahrlinien der Fahrrichtungen einen größeren Abstand voneinander. Dadurch wird das Risiko minimiert, den Fahrstreifen des Gegenverkehrs mitzubenutzen.

Zur Verkehrssicherheit unterschiedlicher Bau-, Gestaltungs- und Betriebsform von einbahnig dreistreifigen Landstraßen haben unter anderem VIETEN u. a. (2010) Untersuchungen durchgeführt. Dabei haben sie diese in die drei Bereiche freie Strecke, Einflussbereiche der Knotenpunkte und Knotenpunkte unterteilt. Sie haben festgestellt, dass außerhalb an Knotenpunkten mit dem nicht klassifizierten Netz nur ein geringer Anteil an Abbiegeunfällen und Einbiege-/Kreuzen-Unfällen besteht. Dies ist darin begründet, dass die Anbindung vor allem über teilplanfreie Knotenpunkte erfolgt und diese im Vergleich zu z. B. plangleichen Knotenpunkten eine geringere Unfallrate haben, d. h. ein geringeres Unfallrisiko aufweisen (VIETEN u. a., 2010).

VIETEN u. a. (2010) haben festgestellt, dass in den Einflussbereichen von Knotenpunkten mit klassifizierten Straßen ein deutlich höherer Anteil an Abbiegeunfällen und Einbiege-/Kreuzen-Unfällen im Vergleich zur freien Strecke vorliegt. Sie weisen jedoch darauf hin, dass aufgrund deren Methodik fälschlicherweise zum Teil Knotenpunkte den Einflussbereichen zugeordnet wurden. In Bezug auf das Unfallrisiko wurden jedoch die gleichen Zusammenhänge wie auf der freien Strecke festgestellt.

LIPPOLD u. a. (2013) untersuchten unterschiedliche Möglichkeiten der Fahrtrichtungstrennung bei Straßen der EKL 1 hinsichtlich ihrer Wirkung, Akzeptanz und Kosten. Nach ihnen kann das Konzept wiedererkennbarer Straßen, wie es in den neuen RAL verfolgt wird, nur erreicht werden, wenn die

geometrische Gestaltung mit einer eindeutigen Markierung und Beschilderung kombiniert wird. Nach den RAL ist für Straßen der EKL 1 ein RQ 15,5 vorgesehen. Für diesen stellt neben der Dreistreifigkeit der verkehrstechnische Mittelstreifen das wesentliche Wiedererkennungsmerkmal dar. Daher ermittelten LIPPOLD u. a. (2013) im Rahmen ihres Forschungsvorhabens eine wirksame Variante zur Kennzeichnung des verkehrstechnischen Mittelstreifens. Dazu führten sie neben einer ausführlichen Literaturanalyse zu nationalen und internationalen Erfahrungen Untersuchungen zu den fünf verschiedenen Markierungsarten

- Schrägstrichgatter,
- orange Markierung,
- grüne Markierung,
- Bischofsmützen und
- Bischofsmützen in Kombination mit Farbe

nach den Kriterien

- der sicheren Befahrbarkeit,
- der Akzeptanz der Maßnahmen,
- den Kosten der Maßnahmen,
- der Lebensdauer der Maßnahmen und
- zur Verkehrssicherheit

durch. Sie haben unter anderem festgestellt, dass die Gestaltung der Fahrtrichtungstrennung keinen bzw. größtenteils keinen Einfluss auf

- das Geschwindigkeitsverhalten frei fahrender Fahrzeuge im einstreifigen Bereich des 2+1-Querschnitts,
- das Spurverhalten,
- regelwidrige Überholungen und
- das Unfallgeschehen

hat. Die Fahrtrichtungstrennung wurde weiterhin nur durch sehr wenige Fahrzeuge überbefahren. Des Weiteren konnte kein Zusammenhang zwischen der Breite des verkehrstechnischen Mittelstreifens und dem Abstand der Fahrzeuge zur Fahrtrichtungstrennung hergestellt werden (LIPPOLD u. a., 2013).

Im Ergebnis empfehlen LIPPOLD u. a., (2013) eine farbige Variante für die Gestaltung der Fahrtrich-

tungstrennung der EKL 1, da sie die Wiedererkennbarkeit von Straßen der EKL 1 fördern, von den Straßen- und Verkehrsbehörden akzeptiert werden und eine lange Haltbarkeit aufweisen. Hinsichtlich der Farbe hat sich das Verkehrsgrün bewährt.

### 2.2.2 Gestaltung von zweistreifigen, abschnittsweise dreistreifigen Straßen

LIPPOLD u. a. (2011) und JÄHRIG (2012) haben im Rahmen des Großprojektes AOSI (AußerOrtsstraßenSicherheit) Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen untersucht. Eine davon war die Kombination von sicheren Überholmöglichkeiten (Anordnung von Überholfahrstreifen) mit Überholverbot in den dazwischenliegenden Abschnitten. LIPPOLD u. a. (2011) und JÄHRIG (2012) haben ermittelt, dass durch diese Maßnahme die Verkehrssicherheit deutlich erhöht werden kann. Dabei können sowohl die Anzahl als auch die Schwere der Unfälle stark reduziert werden. Sie haben weiterhin festgestellt, dass Überholfahrstreifen und Überholverbote nicht zu einer Senkung des Geschwindigkeitsniveaus beitragen.

LIPPOLD u. a. (2011) und JÄHRIG (2012) haben Überholfahrstreifen mit Längen zwischen 600 m und 1.200 m untersucht. Es hat sich gezeigt, dass unterhalb der bisherigen Mindestlänge nach den RAS-Q (FGSV, 1996) auch kurze Überholfahrstreifenlängen (600 m bis 750 m) zu einer effektiven Entflechtung von Fahrzeugpulks beigetragen haben. Bei diesen Längen wurden jedoch häufigere Überfahrten der Sperrflächen als auch eine niedrigere Akzeptanz der Verkehrsteilnehmer festgestellt.

Aus Verkehrsteilnehmerbefragungen hat sich ergeben, dass die Anordnung von sicheren Überholmöglichkeiten in Kombination mit Überholverbot einer sehr hohen Akzeptanz unterliegt.

Im Ergebnis des Forschungsvorhabens geben LIPPOLD u. a. (2011) und JÄHRIG (2012) für den Einsatz von Überholfahrstreifen in Kombination mit Überholverbot unter anderem folgende Empfehlungen:

- Die Anordnung ist vor allem auf unfallauffälligen Landstraßen sinnvoll, bei denen das Unfallgeschehen auf Unfälle im Längsverkehr zurückzuführen ist.
- Überholfahrstreifen sollen mindestens eine Länge von 600 m haben.

- Für die Signalisierung des Endes des Überholfahrstreifens ist die Markierung von breiten Vorankündigungspfeilen besser geeignet.
- Die Längen der dreistreifigen Abschnitte sollten durch vertikale Zeichen gekennzeichnet sein.
- Zweistreifige Abschnitte sollten maximal 4 km lang sein.
- Die dreistreifigen Abschnitte sind vor plangleichen Knotenpunkten rechtzeitig auf zweistreifige einzuziehen.

Die wesentlichen Ergebnisse des Forschungsvorhabens von LIPPOLD u. a. (2011) und JÄHRIG (2012) wurden in die RAL übernommen (dazu auch LIPPOLD u. a. (2003, 2008)).

### 2.2.3 Gestaltung von zweistreifigen Straßen

ZIERKE (2010) bestätigt die Festlegungen in den RAL zu Randstreifen mit einer Breite von  $B = 0,50$  m bei Straßen der EKL 3. Der Abstand zwischen der Fahrlinie und dem Fahrbahnrand erhöht sich, wenn für den Randstreifen anstelle von 0,25 m eine Breite von 0,50 m vorgesehen wird. Nach ZIERKE (2010) ist es zulässig, die Fahrstreifenbreite auf minimal 3,25 m zu reduzieren, wenn ein geringer Schwerverkehrsanteil vorliegt. Die Randstreifenbreite sollte ausschließlich bei geringen Verkehrsmengen auf minimal 0,25 m reduziert werden.

VIETEN u. a. (2010) haben unter anderem Untersuchungen zur Verkehrssicherheit unterschiedlicher Bau-, Gestaltungs- und Betriebsform von einbahnig zweistreifigen Landstraßen durchgeführt. Diese haben sie in drei Bereiche unterteilt: freie Strecke, Einflussbereiche der Knotenpunkte und Knotenpunkte. Sie haben festgestellt, dass auf der freien Strecke mit zunehmender Fahrbahnbreite der Anteil an Fahrunfällen und die mittlere Unfallrate, d. h. das Unfallrisiko kontinuierlich abnehmen. Der Anteil an Fahrunfällen beträgt bei einer Fahrbahnbreite von 8,50 m fast die Hälfte im Vergleich zu dem bei einer Fahrbahnbreite von 5,00 m. VIETEN u. a. (2010) vermuten, dass dieser Zusammenhang dadurch begründet werden kann, dass die Unfälle vor allem auf nicht an die Streckenbedingungen angepasste Geschwindigkeiten zurückzuführen sind. Dabei können Fahrfehler bei breiteren Fahrbahnen im Vergleich zu schmalen noch eher korrigiert werden. Eine weitere Ursache ist, dass auf den schmalen Querschnitten geringe Verkehrsstärken vorlie-

gen und so die Anzahl der Konflikte mit anderen Verkehrsteilnehmern sinkt. An Knotenpunkten mit nicht klassifizierten Straßen nimmt der Anteil an Einbiege-/Kreuzen-Unfällen und Abbiegeunfällen mit zunehmender Fahrbahnbreite jedoch zu (VIETEN u. a., 2010).

Hinsichtlich der Einflussbereiche von Knotenpunkten haben VIETEN u. a. (2010) ermittelt, dass zwischen der Verkehrssicherheit und den Fahrbahnbreiten ähnliche Zusammenhänge bestehen, wie auf der freien Strecke.

### 2.2.4 Gestaltung von 2-1-Straßen

HERRSTEDT (2007) hat in Dänemark Untersuchungen zu dem Verhalten von Verkehrsteilnehmern auf 2-1-Straßen durchgeführt. Dazu wurde eine 7,3 km lange zweistreifige Landstraße in eine einstreifige Straße mit einer Kernfahrbahn von 3,5 m ummarkiert. Von beiden Fahrbahnrandseiten wurden im Abstand von 0,85 m vom Rand der befestigten Fläche Leitlinien mit einer Breite von 0,30 m markiert. Die Nutzung der Randbereiche ist für Fahrradfahrer und in Begegnungsfällen zulässig. Im weiteren Vorgehen hat HERRSTEDT (2007) die Strecke in drei Bereiche unterteilt, in denen sie die zulässige Geschwindigkeit auf 40 km/h, 50 km/h bzw. 60 km/h beschränkt hat. Weiterhin hat sie in Abhängigkeit von den zulässigen Geschwindigkeiten das Strich-Lücke-Verhältnis der Leitlinien variiert und Maßnahmen zur Reduzierung der gefahrenen Geschwindigkeiten angeordnet.

Aus den Untersuchungen von HERRSTEDT (2007) ging u. a. hervor, dass die zulässigen Geschwindigkeiten stets überschritten wurden und somit die gewünschten Effekte von geringer gefahrenen Geschwindigkeiten nicht erreicht werden konnten. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass sich die Fahrzeugführer in Begegnungsfällen wie erwartet verhalten. Sie weichen dem Gegenverkehr aus, indem sie ihre Fahrlinie von der Fahrbahnmitte aus an den rechten Fahrbahnrand verlagern. Des Weiteren konnten keine Konflikte in den Übergangsbereichen zwischen den Markierungen als einstreifige und als zweistreifige Straße beobachtet werden, wobei eine Markierung als zweistreifige Straße unter anderem in Kurven erfolgte, in denen zu kurze Haltesichtweiten vorlagen (Bild 25).

HEGEWALD/WEBER (2008) haben eine Untersuchung zu Unfällen auf schmalen Landstraßenquerschnitten durchgeführt. Aus deren Literaturanalyse





**Bild 25:** Übergangsbereich zwischen Markierungen als einstreifige und als zweistreifige Straße (HERRSTEDT, 2007)

ging hervor, dass sich die Anzahl der Unfälle und die Unfallschwere mit zunehmender Fahrbahnbreite verringern. Weiterhin erfolgt durch die verbreiterten Randstreifen bei Straßen der EKL 4 gemäß RAL eine Verschiebung der Fahrzeugposition in Richtung Fahrbahnmitte. HEGEWALD/WEBER (2008) vermuten, dass dadurch die Anzahl der Fahrnfälle verringert werden kann. Weiterhin erläutern sie, dass auf schmalen Landstraßen der Anteil an Begegnungsfällen sehr gering ist. Daher ist die Gefahr eines höheren Unfallrisikos in Begegnungssituationen sehr gering.

Die Ergebnisse von HEGEWALD/WEBER (2008) bestätigen die Erkenntnisse von vorangegangenen Untersuchungen. In Kurven mit Radien von  $R < 200$  m treten häufiger Unfälle auf. Des Weiteren können durch die Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf  $v = 70$  km/h die mittleren Unfallkosten gesenkt werden.

Das Ziel der Arbeit von ZIERKE (2010) war es, Erkenntnisse über das Fahrverhalten auf Landstraßen zu gewinnen und aus diesen Empfehlungen für eine sichere Gestaltung abzuleiten. ZIERKE (2010) bestätigt die Festlegungen der RAL hinsichtlich eines einstreifigen Querschnittes für Straßen der EKL 4. Der bei dem Querschnitt vorgesehene Randstreifen dient dem Fahrzeugführer als Ausweichstreifen, um den Abstand zum Fahrbahnrand besser abschätzen zu können. ZIERKE (2010) bestätigt auch die vorgesehene Fahrbahnbreite von  $B = 6,00$  m. Die seitliche Abmarkierung des Fahrstreifens sollte jedoch in einem Abstand von mindestens  $0,75$  m zum Fahrbahnrand durch Leitlinien erfolgen. Bei geringeren Abständen zwischen den Leitlinien und den Fahrbahnändern würde sich der Effekt der Verlagerung der Fahrlinien in Richtung Fahrbahnmitte reduzieren. Dadurch würde der Effekt der Verringerung der Abkommenswahrscheinlichkeit fast verloren gehen.

Die Verknüpfung mit dem Straßennetz soll über plangleiche Knotenpunkte erfolgen. Im Nebenarm sollte dabei ein kleiner Tropfen angeordnet werden. Vor allem auf Nahbereichsstraßen sollte die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf knotenpunktfreien Strecken auf  $70$  km/h und in Knotenpunkten auf  $50$  km/h beschränkt werden (ZIERKE, 2010).

Als begleitende Forschung zur Erarbeitung der RAL haben SCHLAG u. a. (2013) die Querschnittsgestaltung von Straßen der EKL 4 untersucht. Diese sollen nach den RAL mit einem RQ 9 ausgebildet werden, der eine Fahrbahnbreite von  $6,00$  m vorsieht. Bei dem RQ 9 werden die Fahrrichtungen nicht durch eine Leitlinie getrennt, es werden von beiden Rändern der befestigten Fläche abgerückte Leitlinien angeordnet.

SCHLAG u. a. (2013) haben überprüft, wie die Verkehrsteilnehmer auf neue Arten der Querschnittsaufteilung und der Markierung reagieren. Dazu haben sie auf verschiedenen Untersuchungsstrecken unterschiedliche Markierungen aufgetragen und das Fahrverhalten der Fahrzeugführer vor und nach der Ummarkierung beobachtet. Dies erfolgte im Fahrsimulator und auf realen Untersuchungsstrecken.

Hinsichtlich des Spurverhaltens konnte nachgewiesen werden, dass Fahrzeugführer bei unbeeinflusster Fahrt zum rechten Fahrbahnrand einen größeren Abstand halten. Dieser hängt u. a. auch von der Fahrbahnbreite ab. Bei einer Fahrbahnbreite von  $6,00$  m konnten größere Abstände im Vergleich zu Fahrbahnbreiten von  $5,00$  m verzeichnet werden. Auch bei der Kurvenfahrt konnten größer werdende Abstände zum Fahrbahnrand ermittelt werden (SCHLAG u. a., 2013).

Die Probanden fuhren bei Gegenverkehr während der Begegnung unmittelbar am Fahrbahnrand. Der Abstand zu diesem vergrößerte sich nach der Begegnung wieder. Bei Überholvorgängen von Radfahrern waren die Überholabstände größer (SCHLAG u. a., 2013).

In den Untersuchungen im Fahrsimulator konnte weiterhin festgestellt werden, dass vor allem bei gestreckter Linienführung bei einem größeren Abstand der seitlichen Leitlinien zum Fahrbahnrand ( $1,00$  m) geringere Geschwindigkeiten im Vergleich zu geringeren Abständen ( $0,75$  m) gefahren wurden. Des Weiteren konnten bei einer Fahrbahnbreite von  $6,00$  m und geringen Verkehrsstärken im Vergleich zu Strecken mit einer Fahrbahnbreite von

5,00 m höhere Geschwindigkeiten ermittelt werden (SCHLAG u. a., 2013).

Auf den Untersuchungsstrecken wurden Verfolgungsfahrten und Querschnittsmessungen durchgeführt. Bei den Verfolgungsfahrten wurden bei den Strecken mit Fahrbahnbreiten von 5,00 m und 6,00 m in die eine Richtung eine leichte Zunahme und in die andere Richtung eine leichte Abnahme der  $V_{85}$  ermittelt. Auf den Strecken mit einer Fahrbahnbreite von 5,50 m nahm die  $V_{85}$  in beiden Richtungen zu. Aus den Querschnittsmessungen ging hervor, dass stets eine Abnahme der  $V_{85}$  zu verzeichnen war (SCHLAG u. a., 2013).

Aus den Untersuchungen zum Blickverhalten zeigte sich, dass der Fahrzeugführer durch die neue Art der Markierung auch in Begegnungsfällen keinen zusätzlichen Beanspruchungen unterliegt (SCHLAG u. a., 2013).

Aus Befragungen der Probanden haben SCHLAG u. a., (2013) festgestellt, dass die Mehrheit eher gut mit der neuen Art der Markierung zurechtkommt. Begegnungsfälle werden von den Probanden aufgrund der schmalen befestigten Straßenbreite als kritisch bewertet.

Bei der Markierung von Randstreifen, die  $B = 0,75$  m breit oder größer sind, kommt es zu Konflikten mit der StVO. Radfahrer könnten den Randstreifen als einen für sie angelegten Schutzstreifen interpretieren. Diese dürfen nach den StVO jedoch ausschließlich innerhalb bebauter Gebiete angeordnet werden. Daher wurde für Straßen der EKL 4 nach den RAL (FGSV, 2012) ein Fahrstreifen mit einer Breite von  $B = 5,00$  m und Randstreifen mit einer Breite von jeweils  $B = 0,50$  m festgelegt (BMVBS, 2011).

### 2.2.5 Gestaltung von Knotenpunkten

ZIERKE (2010) empfiehlt, an allen plangleichen Knotenpunkten die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf maximal 70 km/h zu beschränken, um ein angemessenes Geschwindigkeitsniveau erreichen zu können. Weiterhin sollte bei Knotenpunkten, an denen Strecken mit reduzierten zulässigen Höchstgeschwindigkeiten angrenzen, die zulässige Höchstgeschwindigkeit mindestens 20 km/h darunter liegen. Bei Kreisverkehren sollte ebenfalls eine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit erfolgen. Dies soll in zwei Schritten, zunächst

auf 70 km/h anschließend auf 50 km/h, vorgenommen werden.

VIETEN u. a. (2010) haben Untersuchungen zur Verkehrssicherheit unterschiedlicher Bau-, Gestaltungs- und Betriebsform von Landstraßen durchgeführt. Sie haben ihre Untersuchungsstrecken in die drei Bereiche freie Strecke, Einflussbereiche der Knotenpunkte und Knotenpunkte unterteilt. Weiterhin haben sie bei den Zufahrten zu den plangleichen Knotenpunkten danach unterschieden, ob die Verkehrsströme in der Hauptrichtung bevorrechtigt oder wartepflichtig sind bzw. ob eine Signalisierung vorliegt. Sie haben festgestellt, dass bei plangleichen Knotenpunkten eine Abhängigkeit zwischen dem Unfallrisiko und der Verkehrsregelung am Knotenpunkt besteht. Mit zunehmender Fahrbahnbreite nimmt in den Einflussbereichen der Knotenpunkte das Unfallrisiko ab, wenn der Hauptstrom am anschließenden Knotenpunkt bevorrechtigt ist. VIETEN u. a. (2010) konnten bei signalisierten Knotenpunkten und an Knotenpunkten, bei denen der Hauptstrom in der Zufahrt am Knotenpunkt wartepflichtig ist, keine Zusammenhänge zwischen dem Unfallgeschehen und den Fahrbahnbreiten in den angrenzenden Streckenabschnitten feststellen. Das Unfallrisiko ist in den Einflussbereichen von signalisierten Knotenpunkten im Vergleich zu den Knotenpunkten mit den anderen Verkehrsregelungen geringer. VIETEN u. a. (2010) vermuten, dass dies auf die Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 70 km/h in den Zufahrten zu signalisierten Knotenpunkten zurückzuführen ist.

In den Untersuchungen zu den Zusammenhängen zwischen der Verkehrssicherheit und der Knotenpunktgestaltung haben VIETEN u. a. (2010) nach der Verkehrsregelung am Knotenpunkt unterschieden: bevorrechtigt, wartepflichtig und signalregelt. Bei verkehrszeichengeregelten Knotenpunkten haben sie noch einmal differenziert, ob ein zusätzlicher Linksabbiegestreifen in der bevorrechtigten Zufahrt vorliegt. VIETEN u. a. (2010) haben festgestellt, dass die Verteilung der Unfallschwere bei Kreisverkehren ähnlich gegenüber der bei signalgeregelten Kreuzungen ohne Linksabbiegergeschütz ist. Weiterhin haben sie ermittelt, dass bei Kreuzungen ein geringerer Anteil an Fahrunfällen im Vergleich zu Einmündungen und Kreisverkehren besteht.

In Bezug auf signalgeregelte Einmündungen mit Linksabbiegerschutz hat sich ergeben, dass bei diesen der Anteil an Abbiegeunfällen und Einbiege-

Kreuzen-Unfällen im Vergleich zu dem von anderen Verkehrsregelungsarten an Einmündungen geringer ist. Jedoch weisen sie höhere Anteile an Unfällen im Längsverkehr auf. VIETEN u. a. (2010) haben auch bei Kreuzungen mit Linksabbiegeschutz geringere Anteile an Abbiegeunfällen und somit höhere Anteile an Unfällen im Längsverkehr feststellen können. Bei Kreiverkehren konnte der größte Anteil an Fahrnfällen ermittelt werden.

VIETEN u. a. (2010) kamen zu dem Ergebnis, dass das Unfallrisiko an signalgeregelten Einmündungen mit Linksabbiegeschutz und an Kreisverkehren am geringsten ist. Das höchste Unfallrisiko besteht an verkehrszeichengeregelten Kreuzungen. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass das Unfallrisiko an signalgeregelten Knotenpunkten im Vergleich zu verkehrszeichengeregelten Knotenpunkten geringer ist. Auch ist das Unfallrisiko in signalgeregelten Knotenpunkten mit Linksabbiegeschutz im Vergleich zu solchen ohne Linksabbiegeschutz geringer.

VIETEN u. a. (2010) untersuchten weiterhin die Unfallschwere differenziert nach den Knotenpunktarten anhand der mittleren angepassten Unfallkostenraten. Dabei wurden die geringsten Werte bei den Kreisverkehren und den signalgeregelten Einmündungen mit Linksabbiegeschutz ermittelt. Den höchsten Wert weisen verkehrszeichengeregelte Kreuzungen auf. In Bezug auf die signalgeregelten Knotenpunkte ist die Unfallschwere bei Knotenpunkten ohne Linksabbiegeschutz deutlich höher als bei Knotenpunkten mit Linksabbiegeschutz.

Die von VIETEN u. a. (2010) ermittelten Werte zu den mittleren Unfallraten und den angepassten mittleren Unfallkosten differenziert nach den Knotenpunktarten sind zusammenfassend in Tabelle 11 dargestellt.

### **2.2.6 Bisherige Erfahrungen bei der Übertragung des Entwurfsprinzips nach den RAL auf bestehende Landstraßen**

FRIEDRICH u. a. (2010) haben Maßnahmen untersucht, mit denen das Entwurfsprinzip der RAL auf bestehende Straßen übertragen werden kann. Dabei haben sie Toleranzen gegenüber dem richtliniengerechten Ausbau erarbeitet. Dazu wurde unter anderem das Bestandsnetz auf Abweichungen zu den Festlegungen der RAL analysiert und ein Soll-Ist-Vergleich durchgeführt. Für den Vergleich legen FRIEDRICH u. a. (2010) Toleranzen zum richtlinien-

gerechten Ausbau fest. Eine Anpassungsmaßnahme ist erforderlich, wenn die Vorgaben der RAL oder der RAS nicht eingehalten werden können. Weiterhin wurde überprüft, ob die Abweichungen zu Sicherheitsdefiziten führen. Die Grundlage für das Bestandsnetz war das Landstraßennetz in Baden-Württemberg. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Netz nicht repräsentativ für das gesamte Netz Deutschlands ist. Baden-Württemberg ist durch ein dichtes Landstraßennetz mit hohen Verkehrsstärken geprägt.

Von FRIEDRICH u. a. (2010) wurden ca. 12.400 km Außerortsstraße einer Verbindungsfunktionsstufe und einer EKL zugewiesen. Davon mussten 35 % aufgrund der vorliegenden Verkehrsstärken einer EKL zugewiesen werden, die nicht konform zur Straßenkategorie ist. In Baden-Württemberg können die meisten Straßen der EKL 3 zugeordnet werden.

Bei der befestigten Breite wird die festgelegte Toleranzgrenze vom größten Teil des Bestandsnetzes nicht eingehalten. Dies betrifft vor allem Strecken der EKL 1, EKL 2 und EKL 3. Bei den Straßen der EKL 4 entsprechen die vorhandenen Fahrbahnbreiten überwiegend den Vorgaben nach den RAL. FRIEDRICH u. a. (2010) haben in Bezug auf die Radien festgestellt, dass auf 50 % der Streckenlänge die Toleranzgrenze nicht eingehalten wird, wobei bei den Straßen der EKL 3 und EKL 4 der Anteil deutlich höher im Vergleich zu dem Anteil bei den Straßen der EKL 1 und EKL 2 ist. Hinsichtlich der vorhandenen Längsneigungen kann von den meisten Untersuchungsstrecken die von FRIEDRICH u. a. (2010) definierte Toleranzgrenze eingehalten werden. Weiterhin haben FRIEDRICH u. a. (2010) ermittelt, dass 54 % der Knotenpunkte an Straßen der EKL 1 und EKL 2 die festgelegte Toleranzgrenze gegenüber den Vorgaben der RAL nicht einhalten.

FRIEDRICH u. a. (2010) haben für die Überprüfung, ob nicht richtlinienkonform ausgebaute Strecken zu Sicherheitsdefiziten führen, eine Sicherheitsanalyse nach den „Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen“ (ESN) (FGSV, 2003) durchgeführt. Dabei haben sie ermittelt, dass auf ca. 30 % der Streckenlänge das Sicherheitspotential positiv ist, d. h. es besteht ein Verbesserungspotential. Aus den Betrachtungen zwischen den Unfallkostenraten und den Abweichungen zu den Festlegungen der RAL konnte abgeleitet werden, dass bei den Straßen der EKL 1 und der EKL 3 höhere Unfallkostenraten zu verzeichnen sind, wenn die Vorgaben der RAL nicht

Knotenpunktart (Stichprobe n)	Anzahl Unfälle	Ø DTV	mittlere Unfallrate [Unfälle/ 10 <sup>6</sup> Kfz*km]	angepasste mittlere Unfallkostenrate [€/1.000 Kfz]
Einmündung verkehrszeichengeregelt (525)	1.521	6.780	0,23	13,10
Einmündung signalgeregelt ohne Linksabbiegerschutz (6)	35	15.238	0,21	10,90
Einmündung signalgeregelt mit Linksabbiegerschutz (49)	208	20.297	0,11	5,90
Kreuzung verkehrszeichengeregelt (107)	573	6.376	0,46	25,40
Kreuzung signalgeregelt ohne Linksabbiegerschutz (45)	428	16.695	0,31	16,30
Kreuzung signalgeregelt mit Linksabbiegerschutz (28)	242	19.962	0,24	12,60
Kreisverkehr (36)	130	10.510	0,19	8,70

Tab. 11: mittlere Unfallrate und angepasste mittlere Unfallkostenrate differenziert nach Knotenpunktarten (VIETEN u. a., 2010)

eingehalten werden. Hinsichtlich der Radien und der Knotenpunkte konnte bei allen Entwurfsklassen festgestellt werden, dass höhere Unfallkostenraten bestehen, wenn die Festlegungen der RAL nicht eingehalten werden.

Nach FRIEDRICH u. a. (2010) sind die Führung im Knotenpunkt sowie die Art und die Ausbildung des Querschnitts die wichtigsten Merkmale für die Erkennbarkeit einer Entwurfsklasse einer Straße.

ZIERKE (2010) hat im Rahmen seiner Dissertation festgestellt, dass entwurfsspezifische Merkmale erforderlich sind, um dem Fahrer eine Entwurfsklasse begreifbar zu machen. Dafür hält er die längsgerichtete Markierung als am besten geeignet.

Das M EKLBest (FGSV, 2009a) wurde vom Arbeitskreis 2.2.2 „Verbesserung bestehender Straßen“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) erarbeitet. Das dazu begleitende Forschungsprojekt haben RICHTER/ZIERKE (2010) durchgeführt. Das Ziel war es, für die Kennzeichnung von Entwurfsklassen Mindeststandards zu definieren und Folgemaßnahmen zu betrachten, wobei vor allem die Übergangsbereiche von Bedeutung waren.

Nach RICHTER/ZIERKE (2010) können viele bestehende Landstraßen den Ansprüchen von sicheren und komfortabel befahrbaren, selbsterklärenden Straßen nicht gerecht werden, da das Bestandsnetz sehr heterogen und zum Teil noch an historische Strukturen angepasst ist. Bei dem Um- und Ausbau nach den RAL kann aufgrund der Vielzahl an bestehenden Zwangspunkten im Bestandsnetz in zu begründeten Ausnahmefällen von den entwurfstechni-

schen Vorgaben der RAL abgewichen werden. Dabei muss geprüft werden, ob die Wiedererkennungsmerkmale der EKL umsetzbar sind und welche der vorhandenen Gestaltungsmerkmale angepasst werden müssen. RICHTER/ZIERKE (2010) nennen die dafür benötigten Eingangsgrößen nach den RAL und die gestalterischen Mindestanforderungen an bestehende Landstraßen. Dies wurde in das M EKLBest übernommen (Kapitel 2.1.1).

RICHTER/ZIERKE (2010) untersuchen anschließend den Einfluss der Infrastrukturelemente auf die Verkehrssicherheit und die Wiedererkennbarkeit, da für das neue Entwurfsprinzip der standardisierten Straßen eine wesentliche Voraussetzung die Wiedererkennbarkeit der Entwurfsklassen ist. Sie identifizierten dabei die Gestaltungsmerkmale des Querschnitts, der Knotenpunkte und der Linienführung als relevant.

Die Entwurfsklassen werden durch den Querschnitt am stärksten verdeutlicht, da durch diesen unter anderem das Überholprinzip festgelegt wird. Dies hat einen starken Einfluss auf die Verkehrssicherheit. Entsprechen die Bestandsquerschnitte nicht der RAL, können nach RICHTER/ZIERKE (2010) Anpassungen vorgenommen werden. Liegt eine geeignete Fahrbahnbreite vor, können die Maße der Querschnittselemente (Festlegungen über die Markierung) geändert werden. Bei zu großen bzw. zu kleinen Fahrbahnbreiten, müssen diese verschmälert bzw. verbreitert werden. Dies kann je nach Bedarf durchgehend oder punktuell erfolgen. Liegt im Bestand ein vierstreifig einbahniger Querschnitt vor, muss dieser in einen zweibahnigen mit baulicher Mitteltrennung umgestaltet werden (RICHTER/ZIERKE, 2010).



Mit zunehmenden Verkehrsmengen steigt nach RICHTER/ZIERKE (2010) auch die Bedeutung der Knotenpunktform. Liegen im Bestand Knotenpunkte vor, die den Forderungen der RAL zum überwiegen- den Teil nicht entsprechen, sind sie komplett aus oder neu zu bauen. Bei Knotenpunkten, die den For- derungen der RAL im Wesentlichen entsprechen, ist ein Teilausbau ausreichend. Dies kann unter ande- rem über die Anordnung von neuen Knotenpunktele- menten oder betrieblichen Elementen erfolgen. Überschreiten die Knotenpunkte im Bestand die For- derungen der RAL, sind diese zurück zu bauen und im Falle von nach den RAL nicht vorgesehenen Kno- tenpunkten, sind diese vom Netz zu trennen.

In Bezug auf die Linienführung ist es bei allen EKL das wichtigste Ziel, unerwartet auftretende und zu kleine Einzelkurvenradien zu vermeiden. Weiterhin sind nicht relationstrassierte Elementfolgen zu ver- hindern. RICHTER/ZIERKE (2010) weisen darauf hin, dass bei einem bestandsorientierten Um- und Ausbau die in den RAL geforderten Kurvigkeiten nicht erreicht werden können. Daher sind in diesen Fällen vor allem wenn zu hohe Geschwindigkeiten erwartet werden und bei unfallauffälligen Bereichen ausgleichende Maßnahmen zu ergreifen. Dies kann z. B. die Anordnung einer ortsfesten Geschwindig- keitsüberwachungsanlage (OGÜ) sein.

RICHTER/ZIERKE (2010) nennen als weitere Maß- nahme zur Anpassung der Strecken des Bestands- netzes die Änderung der Betriebsform.

Die Verträglichkeit der einzelnen Maßnahmen un- tereinander ist für die Anpassung des Bestandsnet- zes an die RAL von großer Bedeutung. Dies wird in den im M EKLBest aufgeführten Entscheidungs- bäumen berücksichtigt (Kapitel 2.1.1).

RICHTER/ZIERKE (2010) weisen darauf hin, dass beim Um- und Ausbau auch die Anpassung der An- schlussbereiche von großer Bedeutung ist, da bei diesen häufig Defizite in der Gestaltung vorhanden sind. Daher sollten in diesen Bereichen Folgemaß- nahmen ergriffen werden, welche bauliche Verän- derungen, die Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit oder die Anordnung von Richtungsänderungstafeln sein können.

RICHTER/ZIERKE (2010) haben das Entwurfsprin- zip der RAL auf das Netz des Landkreises Barnim übertragen, wobei sie ca. 32 km Landstraße be- trachtet haben. Hinsichtlich der Bestimmung der Entwurfsklassen mussten sie ca. 19 % aller Stre- cken eine Entwurfsklasse zuweisen, die nicht kon-

Regelquerschnitt	Mindestbreite der vorhandenen Fahrbahn [m]
RQ 15,5	11,0
RQ 11,5+	7,5
RQ 11	7,5
RQ 11*	6,5
RQ 9	5,0
RQ 11*: auf bis zu 3,0 m Fahrstreifenbreite verringerter RQ 11	

Tab. 12: Mindestbreiten der vorhandenen Fahrbahnbefestigun- gen (RICHTER/ZIERKE, 2010)

form zur Straßenkategorie ist. Dies betraf in der Ka- tegorie LS II über 60 % der Strecken. In der Katego- rie LS IV wurden ca. 55 % der Straßen der EKL 3 zugewiesen.

Da die Querschnittsgestaltung für die Verkehrssicher- heit von großer Bedeutung ist, definieren RICHTER/ ZIERKE (2010) Mindestbreiten für die vorhandenen Querschnitte (Tabelle 12). Die Querschnitte, die diese Werte nicht aufweisen, müssen verbreitert werden.

RICHTER/ZIERKE (2010) haben festgestellt, dass die vorhandene Querschnittsverteilung die Netz- funktion der Straße kaum widerspiegelt. Für die Umsetzung des neuen Entwurfsprinzips der RAL ist daher eine differenzierte Verteilung der Querschnit- te erforderlich. Eine weitere Erkenntnis war, dass bei allen Regelquerschnittstypen ein bestimmter Anteil an Strecken verbreitert werden muss.

In Bezug auf die Knotenpunktformen sind bei Barnim alle mit Ausnahme der Anschlussstellen an Autobah- nen plangleich. Diese sind zu ca. 20 % mit einer LSA ausgestattet. Weiterhin weisen die meisten Knoten- punkte eine Straße der EKL 4 als untergeordnete Straße auf. Aus einem Vergleich mit den nach den RAL geforderten Knotenpunktformen wird deutlich, dass ein großer Anpassungsbedarf vorliegt. RICHTER/ZIERKE (2010) haben auch die Art der Führung von Abbiegern betrachtet. Dabei haben sie festge- stellt, dass die meisten Linksabbieger ohne Linksab- biegestreifen über den KP geführt werden, für die nach den RAL ein solcher anzuordnen wäre. Zu den Rechtsabbiegerformen können keine konkreten Aus- sagen getroffen werden (RICHTER/ZIERKE, 2010).

Bei den Ergebnissen zur Anwendung des Ent- wurfsprinzips der RAL auf das Netz des Landkrei- ses Barnim ist zu berücksichtigen, dass diese nicht repräsentativ für das gesamte Netz Deutschlands sind.

## 2.2.7 Human Factors

Neben den fahrgeometrischen und fahrdynamischen Anforderungen an Landstraßen müssen bei dem Entwurf von Straßen auch die fahrpsychologischen und fahrphysiologischen Eigenschaften (Human Factors) von Kraftfahrern berücksichtigt werden. Dabei ist vor allem die Interaktion des Fahrers mit dem Fahrraum von Bedeutung (CAMPBELL u. a., 2012).

Das Fahrverhalten eines Fahrzeugführers resultiert aus dem Zusammenwirken zwischen dem Fahrer, dem Fahrzeug und dem Fahrraum. DURTH (1974) beschreibt dies in Form eines Regelkreises (Bild 26). Dieser setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- Regler (R): Fahrer,
- Regelstrecke (RS): Fahrzeug,
- Führungsgröße (W): Straße und ihre optische Führung sowie

- Störgröße (Z): Verkehr und Witterung.

Der Fahrer (R) nimmt die Informationen aus seiner Umwelt (W und Z) über die Sinnesorgane auf. Dabei haben die Augen (Optik) die größte Bedeutung (DURTH, 1974). Deren Anteil beträgt über 90 % (BIEDERMANN, 1984).

Von der insgesamt zur Verfügung stehenden Informationsmenge wird nur ein geringer Teil als verkehrsmaßgebende Information erkannt und für das Fahrverhalten verarbeitet. Im Gehirn werden diese in bewusstes und unbewusstes Handeln umgesetzt. Die resultierende Fahrerreaktion bestimmt schließlich die Längsregelung (Geschwindigkeit) und die Querregelung (Lenkradeinschlag) des Fahrzeuges innerhalb der Regelstrecke (RS). Dadurch wird das Fahrzeug und somit auch dessen Fahrlinie beeinflusst (DURTH, 1974).

Die Abhängigkeiten zwischen dem Fahrverhalten und dem Fahrraum wurden bereits mehrfach unter-

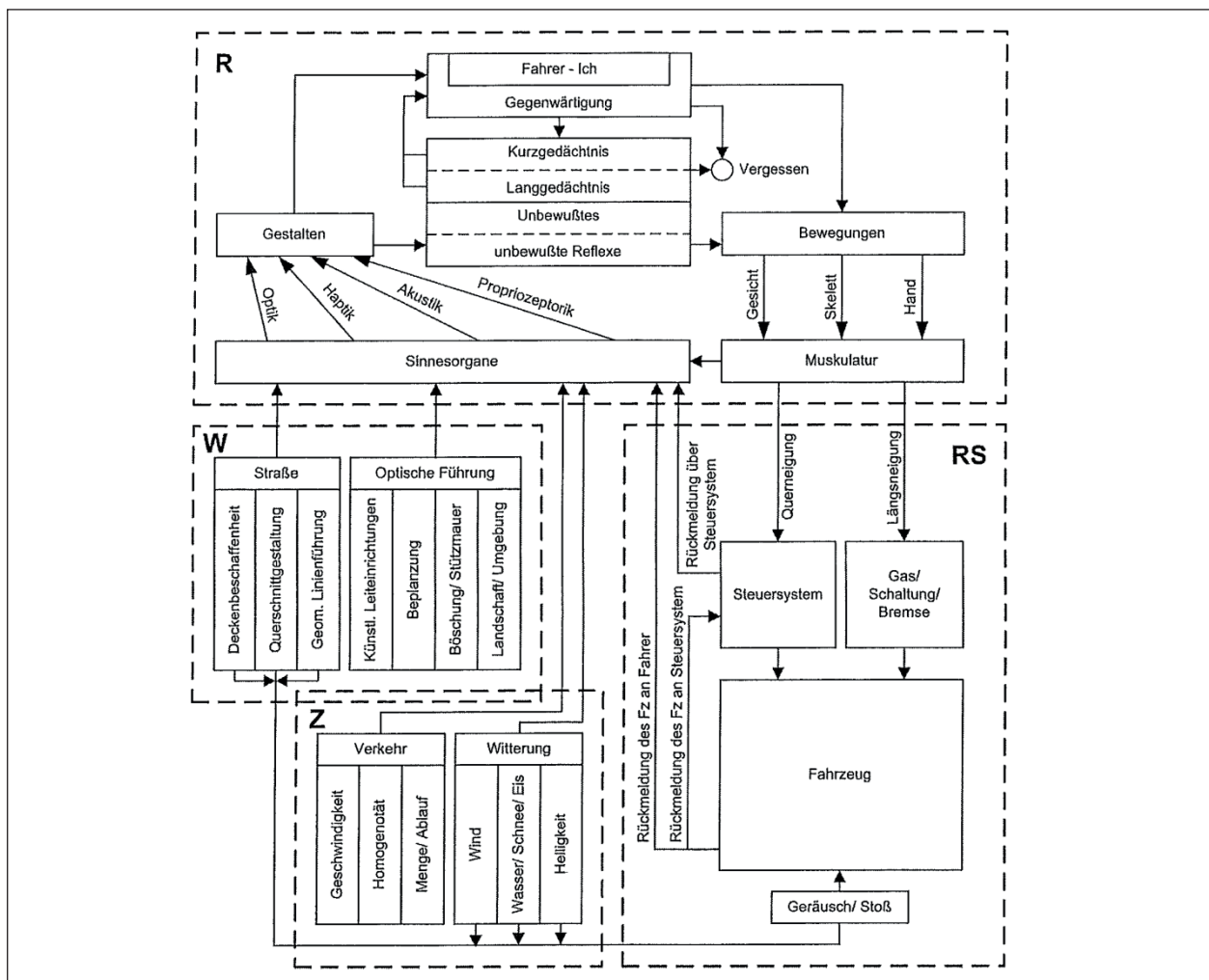


Bild 26: Regelkreis Fahrer - Fahrzeug - Straße (DURTH, 1974)

sucht. LIPPOLD (1997) entwickelte die Entwurfsgrundlagen der Relationstrassierung weiter. Dabei analysierte er u. a. das Unfallgeschehen und stellte fest, dass der Geschwindigkeitsverlauf von Fahrern durch die Relationen aufeinander folgender Radien beeinflusst wird. Treten in den Elementfolgen hohe Geschwindigkeitsdifferenzen auf, sind diese häufig durch ein erhöhtes Unfallgeschehen geprägt. Im Vergleich zu un stetig trassierten Strecken weisen relationstrassierte Strecken ein deutlich geringeres Unfallgeschehen auf.

SCHLAG u. a. (2002) und BECHER u. a. (2006) haben die international vorhandenen Erkenntnisse über physiologische und psychologische Fähigkeiten und Grenzen der Kraftfahrer, die bei der Straßenplanung berücksichtigt werden sollten, recherchiert, systematisiert und evaluiert. Im Ergebnis geben sie u. a. folgende Empfehlungen, mit denen das Spurverhalten, die Geschwindigkeit sowie die Orientierung und die Antizipation beeinflusst werden können:

### Spurverhalten/Geschwindigkeit

- Sichere Fahrlinien können bei Defiziten in der Linienführung durch eine ausreichend breite Fahrbahnbreite gewährleistet werden (SCHLAG u. a., 2002).
- Der Abstand zwischen Fahrzeug und Fahrbahnrand nimmt bei Dunkelheit zu. Dies ist vor allem bei unmarkierten Fahrbahnen zu beobachten (KNOFLACHER, 1976).
- Die gefahrenen Geschwindigkeiten nehmen nach Deckenerneuerungen (Verbesserung des Zustandes der Fahrbahnoberfläche) zu (SCHNÜLL u. a., 1997; LIPPARD/MEEWES, 1994).
- In Geraden sind mögliche Einflussgrößen auf die Geschwindigkeit die Länge der Geraden, die Fahrbahn- und die Randstreifenbreite, die Gradienten, die allgemeine Topografie sowie die vorhandenen Sichtweiten (ZWIELICH u. a., 2001).
- In Kurven sind mögliche Einflussgrößen auf die Geschwindigkeit die Größe des Radius, der Richtungsänderungswinkel, die Querneigung und die Klothoiden (ZWIELICH u. a., 2001).
- Durch ortsfeste Geschwindigkeitsüberwachungsanlagen können Geschwindigkeiten gesenkt werden (SCHLAG u. a., 2002).
- Die Kurvigkeit ist der stärkste Einflussfaktor auf das Fahrverhalten. Die Gewährleistung der Rela-

tionstrassierung, welche sich positiv auf das Fahrverhalten auswirkt, ist daher von besonderer Bedeutung (BECHER u. a., 2006).

- Schmale Fahrbahnbreiten können den Fahrer überfordern und breite unterfordern (BECHER u. a., 2006).
- Verschiedene Straßentypen sollten sich eindeutig voneinander unterscheiden (BECHER u. a., 2006).

### Orientierung und Antizipation

- Der Fahrer benötigt 3 s bis 5 s, um sich auf eine Kurve vorzubereiten (BECHER u. a., 2006).
- Der Streckenverlauf kann dem Fahrer durch ausreichende Sichtfelder, Bepflanzung und Leiteinrichtungen besser verdeutlicht werden (SCHLAG u. a., 2002; BECHER u. a., 2006).
- Ausreichende Sichtweiten gewährleisten die Wahrnehmung des Streckenverlaufes (SCHLAG u. a., 2002).
- Baumspiegel können zu optischen Täuschungen bzgl. des Streckenverlaufes führen.
- Richtzeichen können eine bessere Orientierung ermöglichen (SCHLAG u. a., 2002).

KÄMPFE u. a. (2005) haben über Fahrversuche Fahrfehler erfasst, klassifiziert und verschiedenen Randbedingungen für deren Auftreten zugeordnet. Sie haben festgestellt, dass Fahrer auf der Geraden auf breiten Straßen ihr eigenes Tempo unterschätzen. Die Fahrer neigen zu höheren Geschwindigkeiten. Bei schmalen Straßen neigen die Fahrer zu sehr langsamen Geschwindigkeiten. Weiterhin bestätigen sie die Erkenntnisse von SCHNÜLL u. a. (1997) und LIPPARD/MEEWES (1994), dass bei neuen Fahrbahndecken schneller gefahren wird.

Das Fahrtempo wird bei einem längeren Fahren mit hohen Geschwindigkeiten unterschätzt. Daher sind vor allem Übergangsbereiche (z. B. zwischen freier Strecke und Ortschaft, Knotenpunkt oder Streckenabschnitt mit einer anderen Streckencharakteristik) sicher zu gestalten (KÄMPFE u. a., 2005).

Zwischen den Fahrfehlern und der Größe des Radius einer Kurve sowie der Kurvigkeit einer Strecke bestehen auch Zusammenhänge. In engen Linkskurven kommt es häufig zu Fehlern im Spurverhalten (Kurvenschneiden). Weiterhin kommt es in kurvigsten Strecken verstärkt in den Linkskurven zu

Fahrfehlern. KÄMPFE u. a. (2005) nehmen an, dass der Fahrer in kurvenreichen Strecken auf die Kurven vorbereitet ist und sein Fahrstil entsprechend anpasst.

LIPPOLD u. a. (2005) und LIPPOLD u. a. (2007a) haben die Wirkung unterschiedlicher Straßenbepflanzungsarten im Straßenseitenraum untersucht. Sie analysierten dabei die Fahrerorientierung, das Fahrverhalten und das Unfallgeschehen in Landstraßenkurven. Im Ergebnis empfehlen sie im Allgemeinen ausreichend Sichtfelder von Bepflanzungen freizuhalten. Weiterhin leiten LIPPOLD u. a. (2007a) für Einzelkurven u. a. folgendes ab:

- Der Richtungssinn von Kurven kann durch eine außenseitige Bepflanzung besser erkannt werden. Damit bestätigen sie die Erkenntnisse von SCHLAG u. a. (2002).
- Bepflanzte Kurveninnenseiten haben einen Einfluss auf das Fahrverhalten. Dieses wird an die Charakteristik der Strecke angepasst.
- In Kurven, deren Radien mindestens  $R = 200$  m betragen, bestehen keine Unterschiede im Fahrverhalten.
- In Kurven, deren Radien kleiner als  $R = 200$  m sind, sind Bepflanzungen nicht zwingend notwendig. Die Erkennbarkeit ist durch z. B. Kurventafeln ausreichend gewährleistet.

In Abschnitten mit geringer Kurvigkeit beeinflussen Bepflanzungen im Seitenraum nur unwesentlich das Fahrverhalten (LIPPOLD u. a., 2007a).

LIPPOLD u. a. (2007b) haben auch Untersuchungen zum Fahrverhalten in Abhängigkeit von der Straßenraumgestaltung durchgeführt. Im Ergebnis haben sie ein Modell für die Orientierungssichtweite erarbeitet. Die Orientierungssichtweite „[...] soll dem Fahrer ermöglichen, den Charakter der vorausliegenden Strecke zu erfassen und sein Fahrverhalten darauf auszurichten, ohne dafür auf abrupte Reaktionen angewiesen zu sein“ (LIPPOLD u. a., 2007b, S. 104).

Die Human Factors werden in den für Landstraßen geltenden Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL) berücksichtigt. Sie verfolgen das Prinzip der Standardisierung und Wiedererkennbarkeit. Durch die vier definierten Straßentypen wird die bisherige Vielfalt an Straßenausprägungen beschränkt. Innerhalb einer EKL sind die Entwurfs- und Betriebsmerkmale einheitlich. Weiterhin unter-

scheiden sich die EKL deutlich untereinander. Dadurch sind die Straßentypen für den Fahrzeugführer wiedererkennbar und seine Erwartungen an den Straßenverlauf können bestätigt werden.

Die Wiedererkennbarkeit der EKL wird vor allem auch durch die vorgesehene Längsmarkierung gewährleistet. Diese unterstützt zudem die Fahrerorientierung. Änderungen im Querschnitt werden rechtzeitig und ausreichend beschildert, so dass sich der Fahrer auf die Zäsuren in der Streckencharakteristik einstellen kann. Darüber hinaus enthalten die in den Querschnitten vorgesehenen Fahrstreifenbreiten Bewegungsspielräume für den Fahrer. Auch sind bei den Straßen der EKL 1 und der EKL 2 Überholfahrstreifen vorgesehen, um dem Fahrer einen gesicherten Überholvorgang ermöglichen zu können.

Bezüglich der Elemente des Lageplans sind nach den RAL aufeinanderfolgende Radien (LIPPOLD, 1997; Bild 12 der RAL) und Radien im Anschluss an Geraden in ihrer Größe aufeinander abzustimmen, um hohe Geschwindigkeitsdifferenzen zu vermeiden und die Verkehrssicherheit zu gewährleisten. Nach den deutschen Regelwerken sind außerdem Kurven und kritische Stellen erkennbar zu gestalten.

Nach den RAL muss es dem Fahrer ermöglicht werden, Hindernisse rechtzeitig erkennen und auch auf nasser Fahrbahn vor diesen zum Halten zu kommen. Daher sind auf den Straßen Haltesichtweiten einzuhalten. Die RAL weisen jedoch darauf hin, dass – nach den Ergebnissen von LIPPOLD u. a. (2007b) – i. d. R. größere Sichtweiten als die Haltesichtweiten erforderlich sind, um dem Fahrer eine rechtzeitige Orientierung über den Streckenverlauf zu ermöglichen (FGSV, 2012).

Das deutsche Regelwerk sieht vor, dass die Knotenpunkte erkennbar, begreifbar, übersichtlich und befahrbar gestaltet sein sollten. Dabei sollte z. B. das Sichtfeld des Vorfahrt gewährenden Verkehrs freigehalten werden und die Vorfahrtsregelung eindeutig sein.

Auch international wird angestrebt, die Human Factors beim Straßenentwurf zu berücksichtigen. Zum Beispiel geben die „Human Factors Guidelines for Road Systems“ (CAMPBELL u. a., 2012), die „Human factors guideline for safer road infrastructure“ (PIARC, 2008) und die „Nordic Human Factors Guideline“ (HELMERS, 2014) Hinweise zu den relevanten Human Factors für den Straßenentwurf.



Human Factors sind national und international für den Straßenentwurf von Bedeutung. Aus der Literaturanalyse wird deutlich, dass diese auch in den für den Entwurf von Landstraßen geltenden Richtlinien berücksichtigt werden. Daher sind die Human Factors auch bei der Übertragung des Prinzips der EKL nach den RAL auf bestehende Straßen einzubeziehen.

### 2.2.8 Prinzip Selbsterklärende Straße

In den RAL wird das Entwurfsprinzip der Wiedererkennbarkeit und Standardisierung verfolgt. Ein ähnliches Prinzip, welches vor allem im Ausland bei dem Entwurf von Straßen aufgegriffen wird, ist das Prinzip der selbsterklärenden Straßen.

Unter selbsterklärenden Straßen werden dabei Straßen verstanden, die so gestaltet sind, dass sie ein angemessenes Fahrverhalten in Bezug auf die bestehenden Streckenbedingungen bei den Fahrzeugführern erzeugen. Dabei benötigt eine perfekt gestaltete selbsterklärende Straße keine Beschränkungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit oder Verkehrszeichen, die auf Gefahrenstellen in der Linienführung hinweisen (FHWA, 2005).

Das Prinzip der selbsterklärenden Straßen dient dabei der nachhaltigen und sicheren Gestaltung des Straßennetzes. Nach THEEUWES/GODT-HELP (1995) ist für die Umsetzung des Prinzips die Schaffung von einheitlichen Straßentypen erforderlich. Diese sollen die Verkehrssicherheit verbessern. Durch die Art und Weise der Gestaltung der Straßentypen soll dem Fahrzeugführer das von ihm erwartete Fahrverhalten vermittelt werden. Dafür müssen ihm jedoch die an ihn gestellten Erwartungen verständlich gemacht werden. Dies soll über wenige wiedererkennbare Merkmale der Straßentypen erfolgen, da der Fahrzeugführer den Fahrraum stets auf typische Eigenschaften reduziert und sein Fahrverhalten daran anpasst (THEEUWES/GODT-HELP, 1995). Nach BIEDERMANN (1984) nimmt der Fahrzeugführer den Fahrraum mit mehr als 90 % zum größten Teil optisch wahr. Demnach sollten optische Merkmale die Wiedererkennbarkeit der Straßentypen herstellen.

RIEMERSMA (1988) hat festgestellt, dass für die Fahrzeugführer u. a. der Zustand der Fahrbahnoberfläche ein Unterscheidungsmerkmal darstellt, um die Straßenkategorien voneinander zu unterscheiden. Eine Straße mit einem sehr guten Zustand der Fahrbahnoberfläche hat demnach im Vergleich zu

einer Straße mit einem schlechten Zustand einen höheren Standard.

KAPTEIN u. a. (1998) haben eine Methode entwickelt, die für das Detektieren von Merkmalen, die zu einer besseren Wiedererkennbarkeit und Unterscheidbarkeit von Straßenkategorien beitragen, genutzt werden kann. Sie haben in ihrer Untersuchung ermittelt, dass für den Fahrzeugführer ein bis zwei markante Merkmale ausreichend sind, um die Straßen kategorisieren zu können. Weiterhin haben KAPTEIN u. a. (1998) festgestellt, dass die Mittelmarkierung, die Fahrstreifenbreiten, die Farbe der Straßenoberfläche, vorhandene rote Radfahrstreifen und vorhandene Leitpfosten die Fahrgeschwindigkeiten beeinflussen. Nach KAPTEIN u. a. (1998) kann eine richtige Klassifizierung der Straßentypen gewährleistet werden, wenn kontinuierlich umgesetzt wird, dass wenige markante Merkmale stets erkennbar sind und dem Fahrzeugführer die richtigen Informationen über den Straßentyp bereitstellen.

Nach VAN SCHAGEN u. a. (1999) ist für die Umsetzung des Prinzips der selbsterklärenden Straßen auch eine begrenzte Anzahl an Straßentypen erforderlich. Sie haben Anforderungen definiert, die diejenigen Merkmale einhalten müssen, die eine Wiedererkennbarkeit der Straßentypen gewährleisten sollen. Die Merkmale sollen stets sichtbar, geeignet und anwendbar sein sowie keine negativen Einflüsse auf die Verkehrssicherheit haben. Im Ergebnis der Untersuchungen von VAN SCHAGEN u. a. (1999) wurden folgende Merkmale herausgearbeitet, die die Anforderungen erfüllen:

- Längsmarkierungen,
- Fahrtrichtungstrennung,
- Fahrstreifenbreite,
- angrenzende Radfahrstreifen,
- Straßenoberflächengestaltung,
- Gestaltung der Bankette und
- Straßenumfeld.

Am besten eignet sich jedoch die Längsmarkierung (VAN SCHAGEN u. a., 1999).

VAA u. a. (2002) haben eine Literaturanalyse über Einflussfaktoren von Fahrgeschwindigkeiten durchgeführt. Sie haben herausgefunden, dass dabei vor allem die Fahrbahnbreite, die Kurvigkeit und die vorhandenen Sichtweiten diese beeinflussen. Für die erfolgreiche Umsetzung des Prinzips der selbst-

erklärenden Straßen sind vor allem die Faktoren von Bedeutung, die die Fahrgeschwindigkeiten beeinflussen. Ein Ziel des Prinzips der selbsterklärenden Straßen ist vor allem die Verbesserung der Verkehrssicherheit. Die auf den Straßen gefahrenen Geschwindigkeiten stehen stark mit dem Unfallgeschehen in Zusammenhang.

Nach MATENA u. a. (2006) soll zur Umsetzung des Prinzips der selbsterklärenden Straßen zunächst eine Straßenkategorisierung erfolgen. Dabei sollen sich die Straßen einer Kategorie gleichen, sich aber deutlich von den Straßen anderer Kategorien unterscheiden. Für jede Kategorie soll eine wiedererkennbare Gestaltung der Straßen definiert werden. Über diese sollen gleichmäßige und dadurch vorhersehbare Fahrweisen der Fahrzeugführer realisiert, wodurch die Anzahl der Unfälle gesenkt und damit die Verkehrssicherheit verbessert wird.

MATENA u. a. (2006) haben eine Literaturanalyse in Bezug auf Gestaltungselemente von selbsterklärenden Straßen durchgeführt. Als die wesentlichsten Wiedererkennbarkeitsmerkmale haben sich analog zu VAN SCHAGEN u. a. (1999) die Straßenmarkierung und die Fahrstreifenbreite herausgestellt. Diese haben ebenfalls einen Einfluss auf das Geschwindigkeitsverhalten, die Fahrlinie und das Überholverhalten.

## 2.3 Zusammenfassung der Literaturanalyse

Im Rahmen der Literaturanalyse wurden mit Blick auf die Zielstellung des Projektes neben Forschungsberichten und internationalen Veröffentlichungen besonders die aktuellen Richtlinien für den Entwurf von Landstraßen sowie der Entwurf des Merkblatts für die Übertragung des Prinzips der Entwurfsklassen nach den RAL auf die bestehenden Straßen (M EKLBest) analysiert.

Folgende Schlussfolgerungen wurden gezogen:

- Die Inhalte des Entwurfs des M EKLBest beziehen sich z. T. nicht auf die finale Version der RAL.
- Der Entwurf des M EKLBest weist z. T. Unstimmigkeiten auf. Es stimmen z. B. die in den Entscheidungsbäumen aufgeführten Anforderungen zur Kennzeichnung nicht mit denen, die in dem dazugehörigen Kapitel beschrieben sind, überein.
- Das Prinzip der Standardisierung und Wiedererkennbarkeit ist international verbreitet. Es wird vor

allem in den Niederlanden und in Dänemark angewendet.

- In den Niederlanden und in Dänemark werden die Straßentypen auch in Abhängigkeit von der Funktion der Straße bestimmt. Weiterhin ähneln sich die Gestaltungsmerkmale der niederländischen und dänischen Straßentypen mit denen der deutschen.
- Die Niederlande haben auch ein Regelwerk, das Hinweise zur Implementierung der wesentlichen Wiedererkennbarkeitsmerkmale der Straßentypen für bestehende Straßen gibt. Die beschriebene Vorgehensweise ist zu der des M EKLBest jedoch unterschiedlich.
- Die Fahrbahnbreiten und die Aufteilung der Querschnittselemente von 2+1-Straßen variieren international. Demnach sind Abweichungen von den Festlegungen der RAL bzgl. des RQ 15,5 möglich.
- Als wiedererkennbare Merkmale eignen sich vor allem die Längsmarkierung und die Fahrstreifenbreite am besten.
- Die Wiedererkennbarkeit der Straßentypen lässt sich unter bestimmten Voraussetzungen auch ohne bauliche Maßnahmen herstellen.
- Die Gestaltungsmerkmale von Straßen des Bestandsnetzes stimmen selten mit den Elementen, die nach den RAL erforderlich sind, überein. Dies resultiert daraus, dass die bestehenden Straßen nach älteren Richtlinien trassiert wurden.
- Bezüglich der Kennzeichnungsmerkmale konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden:
  - Eine Reduzierung der Fahrstreifenbreite sollte auf minimal 2,75 m zulässig sein.
  - Die Randstreifen sollten nicht geringer als 0,25 m sein.
  - Mit geringeren Fahrbahnbreiten nimmt das Unfallrisiko auf zweistreifigen Straßen zu.

Aus der Literaturanalyse können weiterhin Hinweise und Ergänzungen für das methodische Vorgehen und für das Ziel der Untersuchung gewonnen werden. Diese sind in Kapitel 3 umfassend beschrieben.

## 3 Ziel des Projektes

In dem Forschungsvorhaben sollten die Festlegungen des Entwurfs des M EKLBest an konkreten Planungsmaßnahmen geprüft werden. Dafür wurden

für jede Straßenkategorie Pilotstrecken mit folgenden Kriterien ausgewählt:

- Strecken, die kurz-/mittelfristig nur ummarkiert werden sollen,
- Strecken, die gerade ausgebaut werden oder bei denen Deckschichten erneuert werden und die nur noch markiert werden müssen,
- Strecken, die künftig ausgebaut oder bei denen Deckschichten erneuert werden sollen,
- Strecken, bei denen aufgrund der Änderung der Betriebsform Radwege oder landwirtschaftliche Wege nachgerüstet werden und
- Strecken, die ein Potential zur Umgestaltung nach den RAL haben.

Die Pilotstrecken sollten weiterhin aus verschiedenen Bundesländern stammen und eine große Bandbreite an Gestaltungsmerkmalen aufweisen.

Es sollte überprüft werden, ob die Pilotstrecken den Mindestanforderungen an die Entwurfs- und Betriebsmerkmale des M EKLBest gerecht werden und nach dem Entwurfsprinzip der RAL ummarkiert werden können oder ob und in dem Fall welche Um- oder Ausbaumaßnahmen erforderlich sind. Weiterhin sollte untersucht werden, inwieweit auch innerhalb eines Streckenzuges nur Teilabschnitte umgestaltet werden können, ohne dass das Prinzip der Standardisierung und Wiedererkennbarkeit verloren geht. Auch die Gestaltung der Übergangsbereiche war ein wichtiger Punkt der Untersuchungen.

Bei der Anwendung des M EKLBest war zu prüfen, ob durch dessen Festlegungen die Übertragung des Entwurfsprinzips nach den RAL vollständig und sinngemäß erfolgen kann oder ob ein Änderungsbedarf bzgl. der Vorgaben des M EKLBest besteht. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sollten so aufbereitet werden, dass die Festlegungen des Entwurfs des M EKLBest bestätigt, präzisiert, angepasst und/oder ergänzt werden konnten.

Im Einzelnen konnten für die weitere Bearbeitung folgende konkrete Ziele abgeleitet werden:

- Abgleich der Festlegungen des Entwurfs des M EKLBest vom 21.10.2009 mit denen der RAL,
- Auswahl von Pilotstrecken,
- Erhebung der Gestaltungsmerkmale der Pilotstrecken,

- Abgleich der vorhandenen Gestaltungsmerkmale der Pilotstrecken mit den Anforderungen des M EKLBest,
- Bestimmung der erforderlichen Maßnahmen zur Anpassung der Pilotstrecken an die EKL der RAL,
- Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen und Kennzeichnung der Pilotstrecken entsprechend dem Entwurfsprinzip nach den RAL und
- Erarbeitung von Änderungs- und Ergänzungsvorschlägen für die Fassung des M EKLBest vom 21.10.2009.

## 4 Vorgehen

Das Forschungsvorhaben wurde nach der Vorgehensweise wie auf Bild 27 dargestellt bearbeitet.

Zunächst sollten die Festlegungen des Entwurfs des M EKLBest vom 21.10.2009 mit den RAL abgeglichen werden. Parallel dazu wurden die Straßenbauverwaltungen der Bundesländer Deutschlands angeschrieben und um Vorschläge für Pilotstrecken gebeten. Aus den von den Straßenbauverwaltungen vorgeschlagenen Pilotstrecken wurden für jede Straßenkategorie geeignete Pilotstrecken ausgewählt. Dabei sollten möglichst aktuelle Planungsmaßnahmen einbezogen werden. Im weiteren Vorgehen wurden die Streckendaten erhoben. Dabei wurden nur die Gestaltungsmerkmale erfasst, die unter Berücksichtigung der im Entwurf des M EKLBest genannten Mindestvoraussetzungen für die Kennzeichnung (Markierung) einer Strecke als Straße einer bestimmten EKL von Bedeutung sind. Nachfolgend wurden die erhobenen auf den Pilotstrecken vorhandenen Gestaltungsmerkmale mit den im M EKLBest genannten Mindestanforderungen an die Entwurfs- und

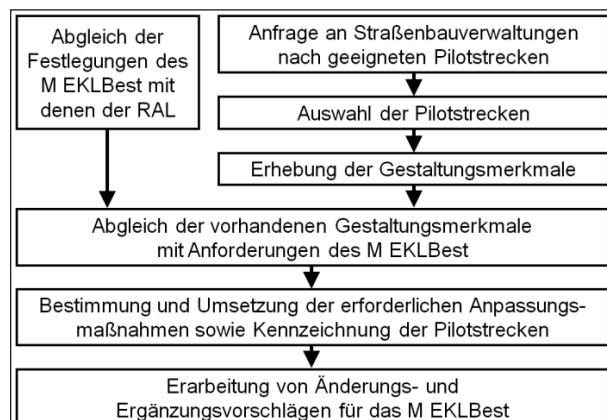


Bild 27: Vorgehen

Betriebsmerkmale für Straßen einer bestimmten EKL verglichen. Konnten diese nicht eingehalten werden, war zunächst eine Ummarkierung der Pilotstrecken entsprechend dem Entwurfsprinzip der RAL nicht möglich. Daher wurden im weiteren Vorgehen die erforderlichen Anpassungsmaßnahmen bestimmt. Die Anwendung des M EKLBest, d. h. der Vergleich zwischen den vorhandenen Merkmalen und den nach M EKLBest geforderten sowie die Ermittlung der erforderlichen Anpassungsmaßnahmen erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den Straßenbauverwaltungen bzw. wurde bei den aktuellen Planungsmaßnahmen aktiv am Planungsprozess teilgenommen. Dabei wurde geprüft, welche Probleme bei der Anwendung des M EKLBest aufkamen. Es wurde somit analysiert, inwieweit die von den Verwaltungen aufgezeigten Probleme bei der Planung oder Durchführung von Maßnahmen im M EKLBest behandelt werden oder ob für die aufgezeigten Probleme der Verwaltungen Lösungen in der Überarbeitung des M EKLBest entwickelt werden sollen.

Bei den Pilotstrecken, bei denen eine zeitnahe Umsetzung der erforderlichen Anpassungsmaßnahmen möglich war, wurde dies im weiteren Vorgehen durch die Verwaltungen veranlasst. Anschließend wurden die Pilotstrecken entsprechend der Prinzipien der Entwurfsklassen nach den RAL markiert.

Im Rahmen der Anwendung des M EKLBest wurde überprüft, ob durch dessen Festlegungen die Übertragung des Entwurfsprinzips nach den RAL angemessen erfolgen konnte. Dabei wurden v. a. die „Schnittstellen“ zwischen den verschiedenen EKL betrachtet, ob durch das M EKLBest eindeutige Aussagen getroffen werden, welcher EKL eine nicht RAL-konforme Straße zuzuordnen ist.

Aus den Ergebnissen der Fachgespräche mit den Straßenbauverwaltungen und den Erkenntnissen durch die Pilotstrecken wurden Änderungs- und Ergänzungsvorschläge für das M EKLBest abgeleitet. Diese dienen dem Arbeitskreis 2.2.2 „Verbesserung bestehender Straßen“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) als Diskussionsgrundlage für die Fortschreibung der Fassung des M EKLBest vom 21.10.2009.

#### **4.1 Abgleich der Festlegungen des M EKLBest mit denen der RAL**

Der Entwurf des M EKLBest hat einen Stand vom 21.10.2009. Zu diesem Zeitpunkt befand sich die

RAL noch in Bearbeitung. Demnach entsprechen die in dem Merkblatt aufgeführten Gestaltungsmerkmale der Entwurfsklassen dem damaligen Stand der RAL. Auch die im M EKLBest enthaltenen Festlegungen wurden auf der Grundlage des damaligen Standes der RAL getroffen. Seither wurden in den RAL noch einmal Änderungen z. B. hinsichtlich der Größe der Radian im Lageplan oder der bevorzugten Art der Knotenpunkte vorgenommen. Weiterhin entspricht die Definition des „Netzabschnittes“ im M EKLBest nicht der der RAL. Daher war der Entwurf des M EKLBest im ersten Schritt der Bearbeitung des Forschungsvorhabens an die endgültige Fassung der RAL anzupassen.

#### **4.2 Anfrage an Straßenbauverwaltungen nach geeigneten Pilotstrecken**

Für die Umsetzung des Pilotprojekts zur Anwendung des M EKLBest musste zunächst ein Streckenkollektiv zusammengestellt werden. Dazu wurden an die Straßenbauverwaltungen der folgenden Bundesländer Anschreiben mit der Bitte um Vorschläge für geeignete Pilotstrecken und Ansprechpartner versendet:

- Mecklenburg-Vorpommern,
- Brandenburg,
- Sachsen-Anhalt,
- Niedersachsen,
- Sachsen,
- Thüringen,
- Hessen,
- Nordrhein-Westfalen,
- Bayern,
- Rheinland-Pfalz und
- Baden-Württemberg.

Dabei wurde vor allem um die Benennung von aktuellen Planungsmaßnahmen gebeten, bei denen eine Umgestaltung nach den RAL erfolgen sollte. Für die Streckenauswahl wurden folgende Kriterien genannt:

- Strecken, die kurz-/mittelfristig nur ummarkiert werden sollen,
- Strecken, die gerade ausgebaut werden oder bei denen Deckschichten erneuert werden und die nur noch markiert werden müssen,



- Strecken, die künftig ausgebaut oder bei denen Deckschichten erneuert werden sollen (Maßnahme bereits geplant) und
- Strecken, bei denen aufgrund der Änderung der Betriebsform Radwege oder landwirtschaftliche Wege nachgerüstet werden.

Falls die Straßenbauverwaltungen keine derartigen Planungsmaßnahmen nennen konnten, wurde um Strecken gebeten, wo ein Um- oder Ausbau nach den RAL geplant ist (Maßnahme noch nicht geplant). Weiterhin wurde nach Ansprechpartnern zur Diskussion und ggf. auch nach Ansprechpartnern in den Landkreisen zur Umgestaltung von Straßen der EKL 4 gefragt.

### 4.3 Auswahl der Pilotstrecken

Aus dem Kollektiv der von den Straßenbauverwaltungen vorgeschlagenen Pilotstrecken wurde eine Auswahl von zehn Strecken für jede Straßenkategorie angestrebt.

Das zukünftige M EKLBest soll gewährleisten, dass es auf alle im Bestandsnetz vorkommende Straßen angewendet werden kann. Daher sollten die ausgewählten Pilotstrecken eine große Bandbreite an Gestaltungsmerkmalen aufweisen. Dabei waren vor allem die Linienführung, die Fahrbahnbreite, die Knotenpunkte, vorhandene Verknüpfungen, die Betriebsform und der Anteil an Überholfahrstreifen von Bedeutung. Weiterhin wurden bei der Auswahl der Pilotstrecken länderspezifische Besonderheiten berücksichtigt, wie z. B. unterschiedliche topografische Merkmale oder unterschiedliche Ausprägungen der Straßennetze. Dazu wurden die Strecken deutschlandweit gewählt.

Für einen Teil des Streckenkollektives konnten vorliegende Daten des Lehrstuhls „Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen“ der Technischen Universität Dresden genutzt werden. Dabei wurde auf einige Pilotstrecken folgender Arbeiten zurückgegriffen:

- Forschungsvorhaben „Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen (AOSI)“ (LIPPOLD u. a., 2011),
- Forschungsvorhaben „Wirkung, Akzeptanz und Dauerhaftigkeit von Elementen zur Fahrtrichtungstrennung auf Landstraßen“ (LIPPOLD u. a., 2013)
- Forschungsvorhaben „Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markie-

rungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen“ (SCHLAG u. a., 2013) und

- Diplomarbeit „Anpassung des bestehenden Straßennetzes an das Entwurfskonzept der standardisierten Straßen nach RAL – Studie zur Anwendung des M EKLBest“ (BRIESOFSKY, 2012).

### 4.4 Erhebung der Gestaltungsmerkmale

Für die gewählten Pilotstrecken wurden die Gestaltungsmerkmale erhoben. Dabei wurden nur diejenigen erfasst, die unter Berücksichtigung der im Entwurf des M EKLBest genannten Mindestvoraussetzungen für die Kennzeichnung (Markierung) einer Strecke als Straße einer bestimmten EKL von Bedeutung sind. Dies sind:

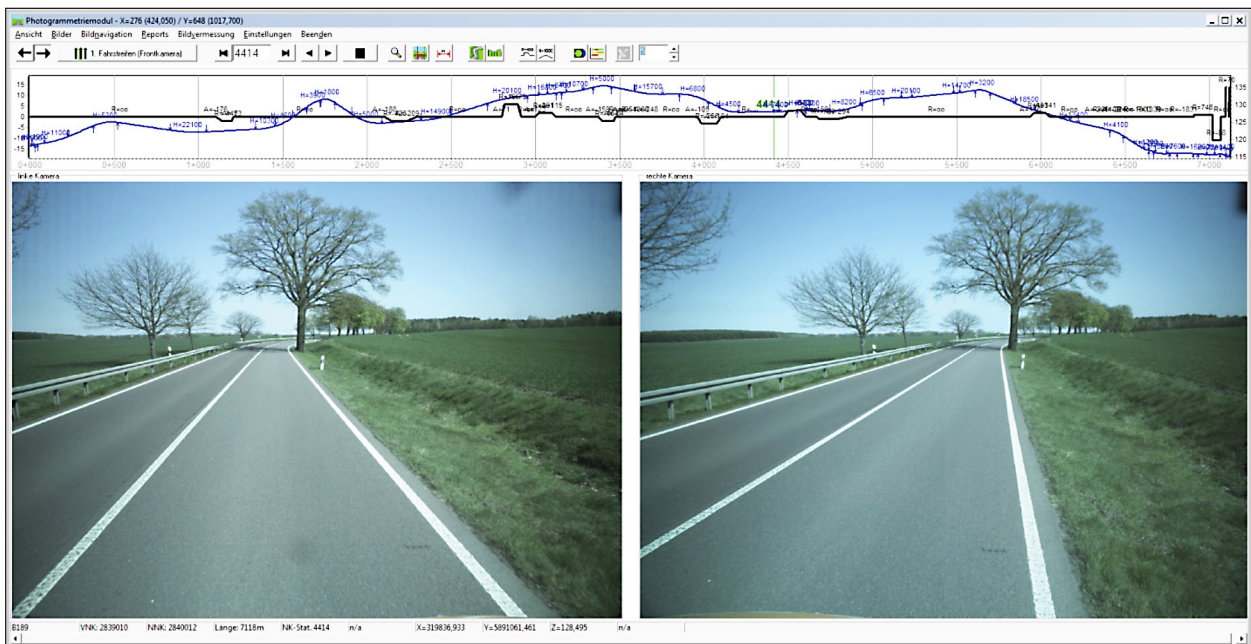
- Streckenlänge,
- Verkehrsstärke,
- Verknüpfungen,
- Betriebsform,
- Fahrbahnbreite,
- Markierungsart,
- Anteil an Überholfahrstreifen,
- Knotenpunkte und
- Linienführung.

Die Betriebsform und die Verkehrsstärken der Pilotstrecken wurden anhand der Daten der zuständigen Straßenbauverwaltungen festgestellt.

Die Daten zu den Trassierungsmerkmalen der Strecken wurden z. T. von den zuständigen Straßenbauverwaltungen bereitgestellt. Lagen bei den Verwaltungen keine Daten vor oder waren die Daten nicht ausreichend zuverlässig, wurden die Trassie-



Bild 28: Messfahrzeug UNO



**Bild 29:** Ansicht aus dem Programm RoadView

rungsmerkmale ggf. über Streckenbefahrungen mittels des Messfahrzeuges UNO des Lehrstuhls „Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen“ der Technischen Universität Dresden erhoben (Bild 28). Dies erfolgte ausschließlich bei den Pilotstrecken, bei denen die Trassierungsmerkmale für die weitere Bearbeitung benötigt wurden.

Das Messfahrzeug ist unter anderem mit einem satellitengestützten Positionierungssystem (Appanix POS LV 610) ausgestattet. Dieses setzt sich aus zwei GPS-Receivern, einem Inertialsystem und einem Wegstreckensensor zusammen. Das System kann auch bei GPS-Ausfällen von bis zu 5 Minuten eine genaue Positionsbestimmung gewährleisten. Die Genauigkeit der Positionsbestimmung beträgt unter optimalen Voraussetzungen 1 dm.

Weiterhin verfügt das Messfahrzeug über ein Stereo-Frontkamarasystem. Dieses besteht aus zwei PunInix-CCD-Kameras, welche eine Auflösung von 4 Megapixeln besitzen. Über diese Kameras kann der gesamte Fahrraum vor dem Fahrzeug erfasst werden. Dabei werden weg- oder zeitbezogen synchron Bilder von diesem aufgenommen. Die Kameras sind photogrammetrisch kalibriert und eignen sich somit zur relativen Objektvermessung mit absolutem Koordinatenbezug.

Auf der Grundlage der Befahrungsdaten wurden die Lage- und Höhenplandaten mittels des Straßentwurfprogramms CARD/1 erstellt. Diese konn-

ten inklusive der aufgenommenen Bilder über das Programm RoadView visualisiert werden. In Bild 29 ist ein Auszug aus dem Programm RoadView dargestellt. Im oberen Bildbereich sind das Krümmungsband und die Gradienten einer Pilotstrecke dargestellt. An der Station 4 + 414,0 m befindet sich ein grüner Marker. Für diese Station werden im unteren Bildbereich die aufgenommenen Bilder dargestellt.

Anhand der aufbereiteten Befahrungsdaten konnte auch die Markierungsform und der Anteil an Überholfahrstreifen bestimmt werden, da positionsgenau die Anzahl an Fahrstreifen auf der freien Strecke sowie die Lage von kritischen und unkritischen Wechsellinien bzw. Fahrstreifenadditionen oder -subtraktionen ermittelt werden konnte.

Über die Visualisierung der Pilotstrecken erfolgte weiterhin die Erhebung der Knotenpunkte. Dabei wurden die Anzahl und die Arten der Knotenpunkte sowie die Knotenpunktelemente erfasst. Es wurde auch ermittelt, ob auf den Pilotstrecken Anbaufreiheit oder eventuelle Verknüpfungen mit Wirtschaftswegen vorliegen.

Auf der Grundlage der Befahrungsdaten wurden auch die Fahrbahnbreiten der Pilotstrecken erhoben. Dies erfolgte über die photogrammetrische Vermessungssoftware Phoros, welche der Lehrstuhl Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen der Technischen Universität Dresden entwickelte.

#### 4.5 Vergleich der vorhandenen Gestaltungsmerkmale mit den Anforderungen des M EKLBest

Nach der Erhebung der Gestaltungsmerkmale wurden diese mit den im M EKLBest genannten Mindestanforderungen an Gestaltungsmerkmale für Straßen einer bestimmten EKL verglichen. Die Anforderungen wurden bei der Literaturanalyse erarbeitet (Kapitel 2.1.1). Die im M EKLBest dargestellten Entscheidungsbäume dienen eigentlich der Ermittlung von erforderlichen Anpassungsmaßnahmen. Es sind jedoch auch Anforderungen aufgeführt, die zur Markierung von Straßen nach dem Entwurfsprinzip der RAL einzuhalten sind. Einige Anforderungen werden bei den Mindestanforderungen nicht mit aufgeführt. Daher wurden für den Vergleich die Mindestanforderungen um folgende ergänzt:

- Straßen der EKL 1
  - Fahrbahnbreite:  $\geq 7,75$  m im zweistreifigen Bereich
  - Anteil Überholfahrstreifen: 30 % oder mehr für jede Fahrtrichtung
  - Knotenpunkte: teilplanfrei
- Straßen der EKL 2
  - Fahrbahnbreite:  $\geq 7,50$  m im zweistreifigen Bereich
  - angemessene Radien und Radienfolge
- Straßen der EKL 4
  - Fahrbahnbreite:  $\geq 5,00$  m

#### 4.6 Anpassung der Pilotstrecken an das Entwurfsprinzip der RAL

Konnten die Pilotstrecken die vom M EKLBest definierten Mindestanforderungen zur Kennzeichnung einer Straße als Straße einer Entwurfsklasse nicht erfüllen, wurde im weiteren Vorgehen geprüft, inwieweit diese im Zuge von Um- bzw. Ausbaumaßnahmen realisiert werden können. Dies erfolgte anhand der im M EKLBest aufgeführten Entscheidungsbäume (Kapitel 2.1.1). Über diese wurden auch die erforderlichen voraussetzenden und ergänzenden Maßnahmen bestimmt (vgl. Kapitel 2.1.1 und Anhang 2). Bei der Ermittlung der voraussetzenden Anpassungsmaßnahmen wurden auch folgende im M EKLBest aufgeführte Hinweise berücksichtigt, zur

- Anpassung der Straßenquerschnitte,
- Anpassung der Linienführung,
- Anpassung der Knotenpunkte,
- Anpassung der Ausstattung und
- Gestaltung der angrenzenden Streckenabschnitte.

Nachdem die erforderlichen voraussetzenden und ergänzenden Anpassungsmaßnahmen für die Pilotstrecken bestimmt worden sind, wurden sie für diejenigen Pilotstrecken umgesetzt, bei denen es seitens der Straßenbauverwaltungen und dem aktuellen Stand der Planungen möglich war. Die Umsetzung erfolgte in enger Abstimmung mit den zuständigen Straßenbauverwaltungen, um deren Vorgaben und Zwänge im Einzelnen berücksichtigen zu können.

Im Anschluss an die Umsetzung der voraussetzenden und ergänzenden Maßnahmen, konnten durch die Straßenbauverwaltungen die kennzeichnenden Maßnahmen durchgeführt werden, d. h. die Markierung der Pilotstrecken als Straßen einer Entwurfsklasse.

Weiterhin war der Arbeitskreis 2.2.2 „Verbesserung bestehender Straßen“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) formal in die Diskussionsprozesse eingebunden.

#### 4.7 Änderungs- und Ergänzungsvorschläge sowie Fortschreibung des M EKLBest

Aus den Ergebnissen der Fachgespräche mit den Straßenbauverwaltungen und den durchgeführten Untersuchungen wurden Änderungs- und Ergänzungsvorschläge für das M EKLBest erarbeitet. Diese dienen dem Arbeitskreis 2.2.2 als Diskussionsgrundlage für die Überarbeitung der Fassung des M EKLBest vom 21.10.2009.

## 5 Ergebnisse und Auswertung

### 5.1 Einführungserlasse zur RAL und Netzkonzepte

Von den länderspezifischen Regelungen werden im Folgenden nur diejenigen diskutiert, die einen Bezug zum M EKLBest bzw. Auswirkungen auf dessen



Inhalte haben. Neben diesen Ländern haben folgende die RAL eingeführt:

- Berlin: 25.07.2013 (SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT, 2013),
- Brandenburg: 20.12.2013 (MIL, 2013),
- Mecklenburg-Vorpommern: 29.12.2014 (MV, 2014),
- Niedersachsen: 17.04.2014 (NLSTBV, 2014),
- Nordrhein-Westfalen: 12.08.2013 (MBWSV, 2013),
- Saarland: 24.06.2013 (MWAEV, 2013),
- Sachsen-Anhalt: 01.08.2013 (MLV, 2013),
- Schleswig-Holstein: 22.01.2015 (SH, 2015) und
- Thüringen: 17.07.2013 (TMBLV, 2013).

Der Freistaat Bayern hat die RAL am 29.10.2013 eingeführt. In dem dazugehörigen Anschreiben führt es u. a. folgende Bemerkungen zu den Vorgaben der RAL auf (STMI, 2013):

- Bei der Planung einer Straße mit dem RQ 21 ist die EKL von den angrenzenden einbahnigen Straßen zugrunde zu legen. In Bezug auf die Elemente der Linienführung und der Betriebsform sollen jedoch mindestens die Vorgaben der EKL 2 zur Anwendung kommen.
- Die Fahrstreifenbreiten von Bundesstraßen der EKL 3 sollen nur im Ausnahmefall auf  $B = 3,0$  m reduziert werden und dürfen nicht weniger als  $B = 3,0$  m betragen.
- Die Fahrbahnbreite von Staats- und Kreisstraßen der EKL 3 darf bei Verkehrsstärken von max.  $DTV = 5.000$  Kfz/24 h und bei einer Schwerverkehrsstärke von max.  $SV = 300$  Fz/24 h auf  $B = 7,0$  m reduziert werden. Bei bestandsnahen Ausbaumaßnahmen kann sie auch weiter reduziert werden. Dabei kann der Randstreifen  $B = 0,25$  m betragen. Die Fahrstreifenbreite soll weiterhin mindestens  $B = 2,75$  m breit sein und die Bankette sind standfest auszubilden.
- Für einbahnig zweistreifige Straßen des Militärstraßengrundnetzes ist mindestens eine Fahrbahnbreite von  $B = 7,50$  m anzuordnen (Fahrstreifenbreite  $B = 3,25$  m).
- Bei vorhandenen Sichtweiten von 300 m bis 600 m ist nicht automatisch zu prüfen, ob verkehrsrechtliche Maßnahmen angeordnet werden müssen. Dies soll nur im Einzelfall erfolgen.

Straßen- kategorie	DTV [Kfz/24 h]		
	> 15.000	10.000 -15.000	< 10.000
LS I	-	-	-
LS II	EKL 2	EKL 3	EKL 3**
LS III	EKL 3	EKL 3**	EKL 3**
LS IV	-	-	EKL 4*

\* Bei  $SV > 150$  Fz/24 h ist das Mindestmaß 6,5 m zu wählen und mit Randstreifen von 0,25 m Breite nach EKL 3 zu markieren.

\*\* Eine Fahrbahnbreitenreduzierung ist anzustreben. Dabei ist ein besonderes Augenmerk auf die Streckencharakteristik zu legen (Vor- und Nachlaufstrecke, Mindestmaß 6,50 m mit Randstreifen von 0,25 m Breite bzw. bei  $SV > 300$  Fz/24 h, 7,0 m mit Randstreifen von 0,50 m Breite).

Tab. 13: Festlegung der EKL für Landesstraßen bei Neubau in Baden-Württemberg (MVI, 2014)

LS	DTV [Kfz/24 h]			
	> 15.000	10.000 - 15.000	6.000 - 10.000	< 6.000
LS I	-	-	-	-
LS II	EKL 2/ 8,50 m	EKL 3/ 7,0 m	EKL 3/ 6,50 m**	EKL 3/ 6,50 m**
LS III	EKL 3/ 7,50 m	EKL 3/ 7,0 m	EKL 3/ 6,50 m**	EKL 4/ 6,50 m*
LS IV	-	-	-	EKL 4/ 6,50 m*

\* Fahrbahn ist nach EKL 3 mit Randstreifen von 0,25 m zu markieren. Bei  $SV < 150$  Kfz/24 h ist eine Fahrbahnbreite von 6,0 m zu wählen und nach EKL 4 zu markieren.

\*\* Bei  $SV > 300$  Kfz/24 h ist das Mindestmaß 7,0 m mit Randstreifen von 0,50 m Breite.

Tab. 14: Festlegung der EKL und der Fahrbahnbreite für Landesstraßen bei Ausbau in Baden-Württemberg (MVI, 2014)

In Baden-Württemberg wurden am 30.12.2014 die RAL eingeführt. In dem dazugehörigen Anschreiben weist das Ministerium daraufhin, dass bei Fahrbahndeckenerneuerungen von 2+1-Straßen die Fahrbahn nicht zwangsläufig verbreitert werden muss. Für den verkehrstechnischen Mittelstreifen des RQ 15,5 nach den RAL reicht eine Breite von  $B = 0,50$  m aus. Weiterhin soll sich die Festlegung der Entwurfsklasse bei Landesstraßen stärker an den vorhandenen Verkehrsstärken orientieren. Für den Neubau gelten dabei die in Tabelle 13 und für den Ausbau die in Tabelle 14 aufgeführten Grenzwerte. Bei den Ausbauplanungen hängt eine mögliche Verbreiterung der Fahrbahn mit  $B \geq 6,0$  m weiterhin von der Unfallkostenrate ab (MVI, 2014).

Die Bankette von Landesstraßen sind standfest auszubilden. Im Zuge von Landesstraßen der EKL 2

sind in der Regel Überholfahrstreifen zu vermeiden (MVI, 2014).

Hessen hat die RAL am 27.06.2014 eingeführt. Dabei schließt es die Markierung der EKL 4 aus. Das Ministerium weist darauf hin, dass die RAL ausschließlich zur baulichen Ausführung dienen und die Anordnung von Verkehrszeichen auf der Grundlage von anderen Vorschriften erfolgt. Für die Umsetzung der EKL 4 fehlen eine Ausführungsvorschrift und eine Verhaltensvorgabe für die Verkehrsteilnehmer in der StVO (HESSEN, 2014).

In Rheinland-Pfalz wurden die RAL am 22.05.2014 eingeführt. In seinem Einführungsschreiben führt es folgende abweichende Regelungen für Landes- und Kreisstraßen auf (ISIM, 2014):

- keine Anwendung des Querschnittes der EKL 4,
- Anwendung der RAS und der Hinweise zum Einsatz schmaler Querschnitte beim Bestandsausbau (HSQ RP; MANNS INGENIEURE, 2008) bei Straßen der LS IV,
- keine von der RAL abweichenden Markierungen bis zur Herausgabe des M EKLBest und
- Fahrbahnbreiten, die unterhalb der Vorgaben gemäß den RAL liegen, können angeordnet werden, wenn bei Um- und Ausbaumaßnahmen keine Netzabschnitte gebildet werden können und sich der Bauabschnitt in einem Netzabschnitt befindet, der mittelfristig nicht komplett ausgebaut wird.

In Sachsen wurde die RAL am 22.07.2013 eingeführt. Für deren Anwendung sind in dem dazugehörigen Anschreiben u. a. folgende Bemerkungen enthalten (SMWA, 2013):

- Prüfung der Reduzierung der Fahrstreifenbreite bei Staatsstraßen der EKL 3 bei
  - SV = 300 Fz/24 h auf B = 3,00 m sowie
  - DTV = 2.000 Kfz/24 h und SV-Anteil  $\leq 10\%$  auf B = 2,75 m,
- Planung von Staatsstraßen auch als EKL 4 möglich,
- Anwendung des RA 3 an bei in Betrieb befindlichen KP nur im Ausnahmefall und
- Fortsetzung der Markierung in den angrenzenden Bestandsabschnitten.

Die Bundesländer Bremen und Hamburg haben die RAL derzeit noch nicht eingeführt (Stand: 12.05.2015). Allerdings befinden sich in diesen Ländern auch kaum Landstraßen.

Für die erfolgreiche Umsetzung des Prinzips der RAL ist ein Netzkonzept erforderlich. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) wird daher ein Netzkonzept für Straßen mit den Verbindungsfunktionsstufen 0 und I erarbeitet. Darauf aufbauend erarbeiten einige Bundesländer für die Straßen, für die sie zuständig sind, mit den Verbindungsfunktionsstufen II bis IV ein Netzkonzept. Auf der Grundlage der Verbindungsfunktionsstufen werden auch die Entwurfsklassen landesweit festgelegt. Die Netzkonzepte sind die Voraussetzung für die Gestaltung von einheitlichen Streckenzügen. So können auch bei punktuellen Maßnahmen die RAL umgesetzt und Grundlagen für spätere Ausbaumaßnahmen geschaffen werden (TLBV, 2015). Es haben u. a. folgende Bundesländer ein Netzkonzept erarbeitet:

- Baden-Württemberg,
- Brandenburg,
- Niedersachsen,
- Rheinland-Pfalz,
- Sachsen und
- Thüringen.

## 5.2 Länderinterne Regelungen

### Bayern – Broschüre „Kostenbewusstes Planen und Bauen“

Im Bestandsnetz Bayerns können i. d. R. die Vorgaben der RAL nicht vollständig umgesetzt werden. Die vorhandenen Fahrbahnbreiten sind deutlich geringer im Vergleich zu der geforderten. Die Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr hat daher für die Staatsstraßen im Jahr 2012 eine Broschüre „Kostenbewusstes Planen und Bauen. Planungshilfen für den Umbau einbahniger, nicht oder unzureichend ausgebauter Straßen“ (STMI, 2012) herausgegeben (BMVI, 2014). Diese gilt für einbahnige, nicht oder nur unzureichend ausgebaute Straßen. Die Broschüre soll Planungshilfen geben, „wie im gesamten Planungs- und Bauprozess durch kostenbewusste Lösungsansätze zur Verfügung stehende Haushaltsmittel möglichst wirtschaftlich, nachhaltig und zielführend eingesetzt werden können“ (STMI, 2012, S. 6). Dazu gibt sie u. a. Hinweise zu Spielräumen bei der Gestaltung der Linienföhrung und des Querschnittes nach den RAL.



Dabei soll bei der Anwendung der RAL wie folgt vorgegangen werden:

- „1. Schritt: Spielräume zur Minimierung innerhalb der Richtlinien nutzen.
- 2. Schritt: Abweichung von Soll-Bestimmungen sind möglich, müssen aber abgewogen und begründet werden.
- 3. Schritt: Abweichung von Muss-Bestimmungen sind nur ausnahmsweise möglich, bedürfen aber einer sehr sorgfältigen Abwägung und Begründung“ (STMI, 2012, S. 14).

In der Broschüre wird darauf hingewiesen, dass bzgl. der Linienführung der Bestand gehalten werden soll, wo immer es möglich ist (STMI, 2012).

In Bezug auf den Querschnitt gelten folgende Regelungen (STMI, 2012):

- regionale Straßen mit geringem Schwerverkehranteil: Fahrbahnbreiten von  $B = 6,00$  m möglich,
- nähräumige Straßen: Fahrbahnbreiten von weniger als  $B = 6,00$  m möglich und
- keine geringen Verbreiterungen der Fahrbahn vornehmen,
- im Falle von Maßnahmen zur Verbreiterung der Fahrbahn, eine Breite von  $B = 6,50$  m anstreben sowie
- Bankette stets aus standfestem Material herstellen und bei äußeren Zwängen auf  $B = 1,0$  m reduzieren.

Weiterhin sind nach der Broschüre in Knotenpunkten Rechtsabbiegespuren nur bei Lichtsignalanlagen anzuordnen und die Notwendigkeit von Linksabbiegespuren zu prüfen. Bezüglich der Ausstattung sind Maßnahmen nach den RPS (FGSV, 2009e) möglichst zu vermeiden. Des Weiteren können bei Zufahrten von Feldwegen Blockmarkierungen und Beschilderung durch durchgezogene Randmarkierungen vermieden werden (STMI, 2012).

### **Brandenburg – Erlass für Straßen mit dichtem Baumbestand**

In Brandenburg kommen auf dem gesamten außerörtlichen Straßennetz bei einem dichten Baumbestand entlang der Fahrbahn Baumunfälle vor. Ein dichter Baumbestand liegt dann vor, „wenn sich die Zahl der Bäume mit mehr als 25 Zentimetern Stammumfang an beiden Fahrbahnrändern in einer Dis-



**Bild 30:** Zeichen 274-50 StVO (MIL/MI, 2011)

tanz von kleiner gleich 4,5 Metern vom jeweiligen Fahrbahnrand auf einer Strecke von 500 Metern auf eine beidseitige Summe von mindestens 15 Bäumen beläuft. Bäume, vor denen Fahrzeug-Rückhaltesysteme angebracht sind, werden nicht mitgezählt“ (MIL/MI, 2011, S. 1497).

Aus der Analyse des Unfallgeschehens ging hervor, dass bei Fahrgeschwindigkeiten von  $V = 100$  km/h das Auftreten und die Schwere der Unfälle von den geringen Abständen zwischen den Bäumen und der Nähe der Fahrbahn zu den Baumbeständen ohne vorgelagerten Fahrzeugrückhaltesystemen abhängt. Daher haben das Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (MIL) und des Ministeriums des Innern (MI) einen Erlass herausgegeben, in dem sie die zuständigen Ämter zu straßenverkehrsrechtlichen und straßenbaulichen Maßnahmen auf Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften mit dichtem Baumbestand und ohne Fahrzeug-Rückhaltesysteme vor den Bäumen auffordern. Dabei soll auf den betreffenden Straßen die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf  $V = 70$  km/h reduziert werden. Die dafür erforderliche Beschilderung soll durch das Zeichen 274-57 StVO ergänzt werden (Bild 30). Zusätzlich sind Fahrstreifen-/Fahrbahnbegrenzungen in Kombination mit Überholverböten anzuordnen (MIL/MI, 2011).

### **Rheinland-Pfalz – Leitfaden „Hinweise zum Einsatz schmaler Querschnitte“**

In Rheinland-Pfalz gibt es viele Landes- und Kreisstraßen, die nur einen sehr kleinen Querschnitt



**Bild 31:** Straße mit schmalem Querschnitt (NORTA, 2013)

(Fahrbahnbreite:  $B = 4,50$  m bis  $B = 5,50$  m) und geringe Verkehrsstärken ( $DTV \leq 2.000$  Kfz/24 h und  $SV < 40$  Fz/24 h) aufweisen (Bild 31) (NORTA, 2013). Für diese hat der Landesbetrieb Mobilität den Leitfaden „Hinweise zum Einsatz schmaler Querschnitte“ (HSQ) erarbeitet. Dieser wurde im Jahr 2008 eingeführt und derzeit fortgeschrieben. Bei der Überarbeitung steht vor allem die Bewertung der Trassierungselemente im Vordergrund. Der Leitfaden soll bei künftig anstehenden Maßnahmen im Bestand zur Anwendung kommen, wobei das Ziel verfolgt wird, die Bestandssituation zu verbessern (HESS, 2015).

Nach den HSQ erfolgt die Wahl der Mindestfahrbahnbreite in Abhängigkeit von der Begegnungswahrscheinlichkeit, d. h. in Abhängigkeit von der Gesamtverkehrsstärke und der Verkehrsstärke des Schwerverkehrs (Bild 32). Die überfahrbare Mindestbreite sollte dabei einschließlich der standsicheren Bankette  $B = 6,00$  m betragen (HESS, 2015). Vorhandene Querschnittsbreiten sollen grundsätzlich nicht reduziert werden (MANNINGENIEURE, 2008).

Bei Radien mit  $R < 200$  m ist eine Kurvenverbreiterung mit  $i = 50/R$  vorzusehen. Die Übergänge zwischen verschiedenen Fahrbahnbreiten sind fließend zu gestalten (HESS, 2015).

Die HSQ geben u. a. auch Hinweise zu den erforderlichen Haltesichtweiten. Bei schmalen Querschnitten ist vor allem die Befahrbarkeit im Gegenverkehr von großer Bedeutung. Große Sichtweiten haben einen geringeren Stellenwert, da der Verkehrsteilnehmer durch seine Fahrgeschwindigkeit einen Einfluss auf die Sichtweiten hat und er nach StVO verpflichtet ist, seine Fahrweise den Sichtverhältnissen anzupassen. Die erforderliche Haltesichtweite kann dabei über ein Diagramm, das auf der Grundlage einer Bremsverzögerung von  $a = 6,0$  m/s<sup>2</sup> und einer Reaktionszeit von  $t_r = 2,0$  s be-

stimmert, in Abhängigkeit von der Längsneigung und der Geschwindigkeit ermittelt werden (HESS, 2015).

Weiterhin werden auf der Grundlage einer maximalen Querneigung von  $q = 6$  % und eines Ausnutzungsfaktors des radialen Kraftschlussbeiwertes von  $n = 0,50$  Mindestradien festgelegt. Dabei sind unter entsprechenden Randbedingungen Radien ab  $R = 20$  m möglich (HESS, 2015).

Für die Mindestkuppenhalbmesser empfehlen die HSQ je nach Geschwindigkeit folgende Werte (HESS, 2015):

- $V = 50$  km/h: HK = 300 m,
- $V = 60$  km/h: HK = 500 m und
- $V = 70$  km/h: HK = 800 m.

Zur Gewährleistung der erforderlichen Haltesichtweite bzw. der angestrebten Geschwindigkeit ist zu überprüfen, ob z. B. Kurvenverbreiterungen oder Eingriffe in den Seitenraum erforderlich sind. Weiterhin ist zu prüfen, ob Unstetigkeiten beseitigt werden können oder Warnzeichen angeordnet werden müssen (HESS, 2015).

### 5.3 Allgemeine Hinweise zum M EKL-Best und zu den Entwurfsklassen

Für das M EKLBest ist der Arbeitskreis 2.2.2 „Verbesserung bestehender Landstraßen“ der FGSV zuständig. Auf Grund der parallelen Arbeit am Entwurf des M EKLBest und dem hier vorliegenden Forschungsprojekt wurden die Fragestellungen der einzelnen Bundesländer bereits in die Diskussionen im Arbeitskreis einbezogen. Die Positionen des Forschungsnehmers sind in Kapitel 5.3 bis Kapitel 5.8 enthalten.

#### 5.3.1 Allgemeine Hinweise zum M EKLBest

Der Forschungsnehmer empfiehlt, dass das angestrebte Merkblatt nur eine Ergänzung der RAL und kein eigenständiges Werk darstellt. Es soll aufzeigen, wieweit das Prinzip der EKL im Rahmen eines bestandsorientierten Um-/Ausbaus unter Berücksichtigung der dabei vorliegenden Restriktionen zur Anwendung kommen kann. Dabei sollen auch im Bestandsnetz die gesamten Streckenzüge betrachtet werden. Auch wenn kurzfristig nur einzelne Abschnitte um-/ausgebaut oder erneuert werden können, ist die Sichtweise auf den gesamten Strecken-

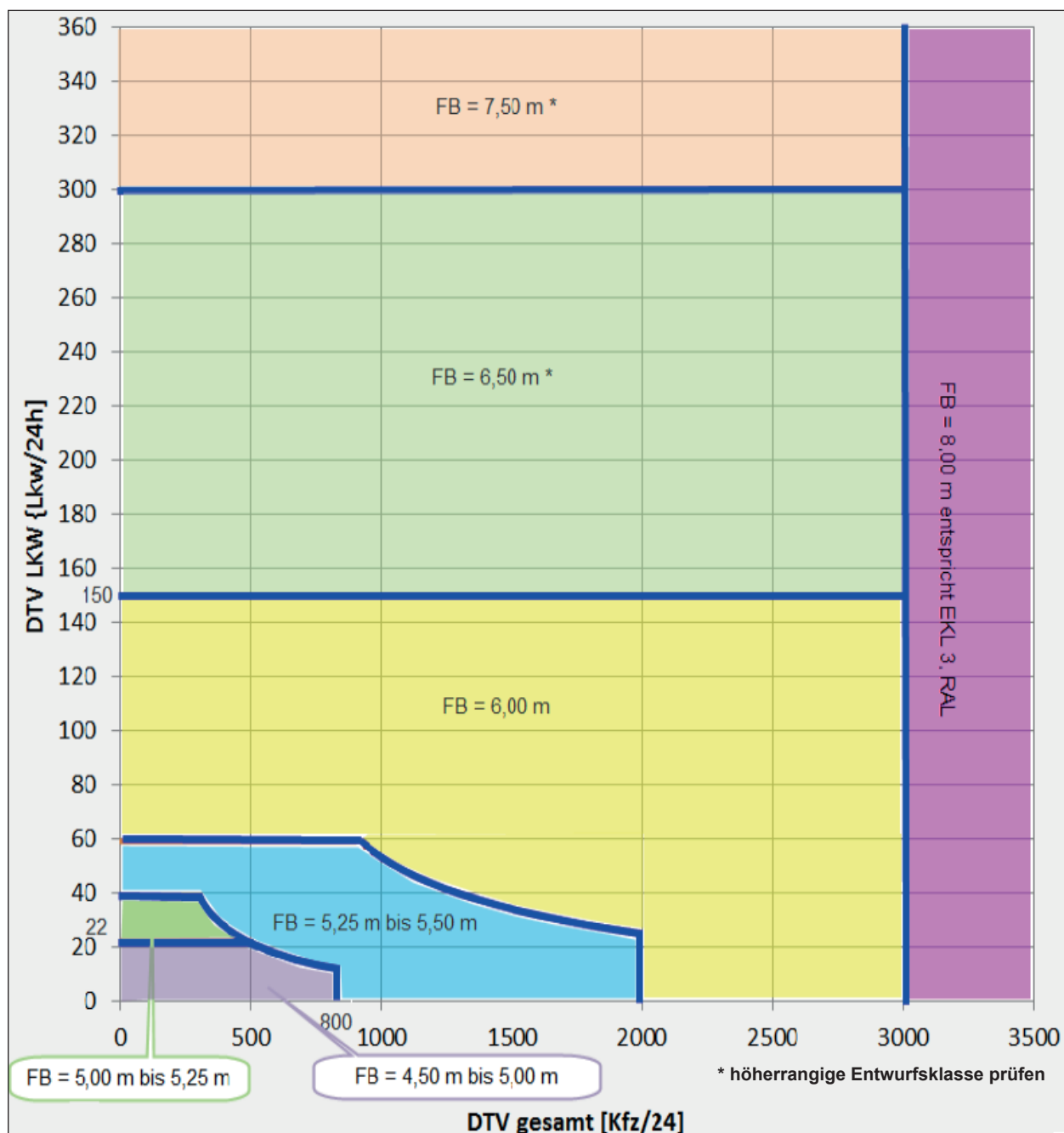


Bild 32: Wahl der Mindestfahrbahnweite in Abhängigkeit von der Begegnungswahrscheinlichkeit (HESS, 2015)

zug von vorn herein notwendig, um eine einheitliche Streckencharakteristik gemäß der Verbindungsbedeutung gewährleisten zu können.

Die Markierung der Entwurfsklassen ist für den Verkehrsteilnehmer das offensichtlichste Kennzeichnungselement. Für die Kennzeichnung einer EKL sind Mindestanforderungen zu definieren. Werden die Mindestanforderungen nicht erfüllt, kann, mit Ausnahme von Straßen der EKL 3, keine Zuordnung zu einer EKL und damit keine der EKL zugehörigen Markierung erfolgen.

### 5.3.2 Allgemeine Hinweise zu den Entwurfsklassen

#### Maßgebendes Regelwerk

Die Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr weist in ihrem Erfahrungsbericht zur Anwendung der RAL darauf hin, dass in Bayern für kurze Bauabschnitte der Querschnitt der anschließenden Bestandsstrecken gewählt wird. Dadurch soll eine einheitliche Streckencharakteristik gewährleistet werden (STMI, 2015). Vom Forschungsnehmer wird dieses Vorge-

hen jedoch nicht befürwortet, weil seiner Meinung nach die RAL und das darin aufgezeigte Vorgehen maßgebenden sind.

### **Mindestlängen von kennzeichnungsfähigen Abschnitten**

Nach dem Forschungsnehmer ist es nicht praktikabel, für die Mindestlängen der kennzeichnungsfähigen Abschnitte starre Werte (Kilometerangaben) anzugeben. Für die EKL sollten auf deren Streckencharakteristik abgestimmte Anforderungen definiert werden. Der Kraftfahrer soll den umgestalteten Abschnitt – in Abhängigkeit von der EKL differenziert – als zusammenhängenden Streckenabschnitt mit den für die jeweilige EKL maßgebenden Elementen wahrnehmen und begreifen sowie sein Fahrverhalten danach ausrichten. Folgende Anforderungen bzgl. der Mindestlängen sind sinnvoll:

- EKL 1: drei Überholfahrstreifen je Fahrtrichtung,
- EKL 2: ein Überholfahrstreifen,
- EKL 3: keine Anforderungen und
- EKL 4: in sich geschlossener Abschnitt (Abgrenzung durch z. B. Ortschaften und/oder Knotenpunkte).

### **Fahrstreifenbreiten in Abhängigkeit vom DTV und vom SV-Anteil**

Mehrere Straßenbauverwaltungen, wie z. B. von Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt, haben vorgeschlagen, dass im M EKLBest in Abhängigkeit vom DTV und vom SV-Anteil Mindestfahrstreifenbreiten definiert werden. Dazu liegt dem Forschungsnehmer jedoch keine fachliche Begründung vor.

### **Mindestfahrstreifenbreite**

Der Forschungsnehmer empfiehlt, dass die Fahrstreifenbreite mindestens  $B = 2,75$  m betragen sollte. Dies hat u. a. sicherheitstechnische und bautechnische Gründe, wie z. B. die Gewährleistung von Begegnungsfällen und die Vermeidung von Spurrinnen.

### **Gestaltungsvorschläge für überbreite Querschnitte**

Im Bestand gibt es verschiedene überbreite Querschnitte (z. B. RQ 14 nach RAS-Q (FGSV, 1982)). Nach dem Forschungsnehmer wären daher Gestaltungsvorschläge sinnvoll, wie diese in Anlehnung an die der Verbindungsfunktion zugrunde liegenden Verkehrsqualität ohne größeren baulichen Aufwand

umgestaltet werden können. Eine Gestaltung als Straße der EKL 1 ist dabei nicht zulässig, da für diese Straßen die Mindestfahrbahnbreite  $B = 11,50$  m betragen sollte. Daher kann eine Gestaltung als Straße der EKL 2 oder der EKL 3 mit fahrbahnbegleitendem Radweg erfolgen. Für die Sonderquerschnitte sollte im M EKLBest ein eigenes Kapitel vorgesehen werden.

### **Mindestbreite für Bankette**

Der Forschungsnehmer empfiehlt, für Bankette keine Mindestbreite vorzugeben. Dies ist für die Entscheidung, ob ein Abschnitt kennzeichnungsfähig ist oder nicht, nicht ausschlaggebend.

### **Knotenpunkte**

In Bayern ist die Anordnung von LSA aufgrund der Öffentlichkeit und der Politik schwer umzusetzen. Es wird vorrangig ein Kreisverkehr gefordert. Dies geht aus dem Erfahrungsbericht zur Anwendung der RAL der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr hervor (STMI, 2015).

### **Überholverbot**

Auf der Bund/Länder-Dienstbesprechung „Straßeninfrastruktursicherheit und Straßentwurf“ am 28./29.01.2014 wurde darauf hingewiesen, dass das strikte Überholverbot nach den RAL bei Sichtweiten zwischen 300 m und 600 m aufgelockert werden sollte, da vor allem diese Sichtweiten häufig vorkommen. Eine Durchsetzung des Überholverbots würde von den Bürgern nicht akzeptiert werden (BMVI, 2014).

### **Vorgehen, wenn Anforderungen nach M EKL-Best nicht eingehalten werden können**

Alle Straßenbauverwaltungen der Bundesländer erwarten vom M EKLBest einen Vorschlag, wie bei nicht kennzeichnungsfähigen Abschnitten weiter verfahren werden soll.

### **Übergangsbereiche**

Nach dem Forschungsnehmer sollte der Übergang zwischen verschiedenen Ausbauständen vorzugsweise an Knotenpunkten erfolgen.

### **Bushaltestellen**

Im Bestand können im Knotenpunktbereich und auf der freien Strecke Bushaltestellen vorliegen. Bei der Gestaltung der Bushaltestellen sollten nach dem Forschungsnehmer die Vorgaben der RAL berücksichtigt werden (Ziffer 6.9 der RAL).



## Vorschläge der Straßenbauverwaltungen für ergänzende Inhalte des M EKLBest

Es wurde eine Auflistung vorgeschlagen, in der aufgeführt wird, wie Querschnitte nach RAS-Q entsprechend den Festlegungen nach den RAL markiert werden sollten. Dabei soll in den im M EKLBest enthaltenen Tabellen zur Querschnittsaufteilung bei Abweichungen von den Regelmaßen der RAL eine Spalte ergänzt werden, in der bei der entsprechenden Fahrbahnbreite der dazugehörige Querschnitt nach RAS-Q aufgeführt wird. Der Forschungsnehmer findet dies nicht sinnvoll. Als Grundlage für die Festlegung der Aufteilung der Querschnittselemente sollte ausschließlich die vorhandene Fahrbahnbreite dienen.

Für die Entwässerung ist ggf. die Anordnung von Schrägverwindungen erforderlich. In den RAL wird die Schrägverwindung nicht thematisiert. Der Forschungsnehmer findet die Aufnahme der Schrägverwindung in das M EKLBest nicht sinnvoll. Sie sollte ausschließlich im Zusammenhang mit den Inhalten der RAL diskutiert werden.

Mehrfach wurden auch die Aufnahme eines R-V-q-Diagramms und von Werten für mögliche negative Querneigungen analog den Festlegungen nach RAS-L (FGSV, 1995) vorgeschlagen. Auch diese Thematiken sollten nach dem Forschungsnehmer ausschließlich im Zusammenhang mit den Inhalten der RAL diskutiert werden.

Weiterhin sollten die Berechnungsgrundlagen für die Entwurfsparameter nach den RAL in den Anhang des M EKLBest aufgenommen werden. Nach dem Forschungsnehmer sollte jedoch auch dies ausschließlich im Zusammenhang mit den Inhalten der RAL diskutiert werden.

## Bedarf der Einführung des M EKLBest

Bei Erhaltungsmaßnahmen brauchen die RAL nicht angewendet zu werden. Weiterhin wird vor allem bei Straßen der EKL 3 von den RAL ein höherer Standard im Vergleich zu den vorangegangenen Richtlinien gefordert. Dies ist vor allem bei Maßnahmen ein Problem, bei denen nur ein kurzer Abschnitt ausgebaut wird. Derartige Ausbaumaßnahmen sind die Mehrheit. In den Erfahrungsberichten der Länder zur Anwendung der RAL wird daher betont, dass die Einführung des M EKLBest dringend ist. Das M EKLBest sollte auch einen verbindlichen Charakter haben (MLV, 2014; STMI, 2015; TLBV, 2015).

## 5.4 Pilotstrecken

### 5.4.1 Vorbemerkungen

Die Möglichkeiten zur Übertragung des Prinzips der Entwurfsklassen nach den RAL auf das Bestandsnetz kann nur an konkreten Beispielen aus dem Landstraßennetz und mit der Mitwirkung der vor Ort zuständigen Behörden untersucht werden. Die gewählte Vorgehensweise für die Benennung der Untersuchungsstrecken orientierte sich an den Erfahrungen aus dem Projekt „Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen (AOSI (Außerorts-Straßen-Sicherheit))“ (LIPPOLD u. a., 2011). Damals wurden besonders unfallauffällige Straßen für das Projekt benannt. Der Forschungsnehmer und die jeweils zuständigen Straßenverwaltungen haben auf dieser Grundlage gemeinsam die realisierbaren Lösungen entwickelt und praktisch umgesetzt.

Auch im vorliegenden Projekt wurden die Verwaltungen vom Forschungsnehmer schriftlich um Unterstützung gebeten und aus ihrer Sicht geeignete Strecken zu benennen. Als geeignet wurden Strecken betrachtet, bei denen mit aktuellen Planungsmaßnahmen die Umgestaltung nach den RAL erfolgen soll oder alternativ Strecken im Bestand, die bereits ein Potential zur Umgestaltung nach den RAL haben (z. B. Querschnitt, Linienführung, Knotenpunkte). Gleichzeitig wurde für den Fall einer Streckenbenennung auch um einen kompetenten Ansprechpartner für die vorgeschlagene Strecke gebeten. Die damit vermittelte Absicht zur gemeinsamen Maßnahmenfindung erwies sich als zwingend notwendig und richtig, weil die Gestaltungsmerkmale von Straßen des Bestandsnetzes nur selten die Elemente aufweisen, die nach den RAL erforderlich sind. Hinzu kam, dass die Vorstellungen der Praxis zu den Zielen der Umgestaltung, insbesondere bei den Planungen, nur bedingt zu den Vorgaben des Projektes passten. Sie wurden überwiegend noch auf der Grundlage der Vorgängerregelwerke erstellt und es mangelte ihnen an der Komplexität im Planungsansatz, wie sie nach den RAL (z. B. Betrachtung des gesamten Streckenzuges) gefordert wird. Sinngemäß galt dies auch für die Strecken, die im „Ist“-Zustand oder nach einer Deckenerneuerung nach den Vorgaben der RAL ummarkiert werden sollten. Ein weiterer Aspekt in den gemeinsamen Gesprächen zwischen dem Forschungsnehmer und den Verwaltungen war die richtige Zuordnung zu den Verbindungsfunktionsstufen nach den RIN als Grundlage für die Wahl der



maßgebenden EKL nach den RAL bei der Auswahl der Strecken, weil verbindliche funktionsabhängige Netzkonzeptionen nur vereinzelt zur Verfügung standen.

Als Fazit ist zu dokumentieren, dass im Unterschied zu anderen Projekten, in denen gegebene Zustände analysiert und bewertet werden, in diesem Projekt ein iterativer „Entwicklungsprozess“ zwischen dem Forschungsnehmer und den zuständigen Verwaltungen bis zur endgültigen Benennung der einzubindenden Strecken geführt werden musste. Das traf für die Strecken in allen Entwurfsklassen zu (EKL 1 bis EKL 4). Aufgrund dessen war es nur vereinzelt möglich, mit den Straßenbauverwaltungen über vorliegende Probleme bei der Konzeption zur Umsetzung von Streckenzügen gemäß den RAL im Bestand oder über notwendige Streckenmerkmale gemäß den einzelnen EKL und deren Anpassung an den Bestand zu diskutieren. Vielmehr mussten eingangs die Grundzüge der RAL zur Standardisierung und Wiedererkennbarkeit dargelegt werden. Darauf aufbauend wurden bestehende Entwürfe diskutiert. Es konnte damit sicher gestellt werden, dass sowohl die ausgewählten Strecken in der Planung als auch die Strecken mit direktem Ummarkierungspotential nach realitätsgetreuen Vorgaben in das Projekt eingehen konnten.

#### 5.4.2 Kollektiv an Pilotstrecken

Es konnten folgende Pilotstrecken als geeignet eingestuft und verwendet werden:

##### Entwurfsklasse EKL 1

- B 169 (Brandenburg),
- B 16 (Bayern),
- B 178n (Sachsen),
- B 54 (Nordrhein-Westfalen),
- B 85 (Thüringen),
- S 177 (Sachsen),
- B 96n (Mecklenburg-Vorpommern) und
- B 83 (Niedersachsen).

##### Entwurfsklasse EKL 2

- B 173 (Bayern),
- B 180 (Sachsen-Anhalt),

- B 327 (Rheinland-Pfalz),
- B 472 (Bayern),
- B 3 (Niedersachsen),
- L 48 (Brandenburg),
- B 87 (Sachsen),
- B 97 (Brandenburg),
- B 101 (Brandenburg),
- B 169 (Sachsen),
- B 216 (Niedersachsen),
- B 7 (Thüringen) und
- B 90 (Thüringen).

##### Entwurfsklasse EKL 3

- B 5 (Brandenburg),
- L 136 (Sachsen-Anhalt),
- St 2183 (Bayern),
- S 302 (Sachsen),
- S 294 (Sachsen) und
- L 341 (Mecklenburg-Vorpommern).

##### Entwurfsklasse EKL 4

- K 50 (Nordrhein-Westfalen),
- L 573 (Nordrhein-Westfalen),
- K 6908 (Brandenburg),
- K 8240 (Baden-Württemberg),
- K 8239 (Baden-Württemberg),
- K 8217 (Baden-Württemberg),
- K 8216 (Baden-Württemberg),
- S 47 (Sachsen),
- L 38 (Nordrhein-Westfalen),
- K 18 (Nordrhein-Westfalen),
- S 20 (Sachsen),
- K 9238 (Sachsen),
- K 3 (Nordrhein-Westfalen) und
- K 7730 (Sachsen).

Die Lage der Pilotstrecken ist in Bild 33 dargestellt.

Für alle Pilotstrecken wurden Streckenportraits erstellt. Diese sind im Anhang 15 bis Anhang 18 dargestellt. Die Streckenportraits enthalten Angaben zu

- der Lage der Strecke und dem Streckenzug,
- der zuständigen Straßenbauverwaltung,
- der Notwendigkeit der Maßnahme,
- der Straßenkategorie, dem DTV und der EKL,
- der Betriebsform,
- dem Querschnitt,
- dem Lage- und Höhenplan,
- den Sichtweiten,
- den Knotenpunkten und
- den Übergangsbereichen.

## 5.5 Straßen der EKL 1

Es wurden neun Abschnitte von Straßen der EKL 1 analysiert. Deren wichtigsten Gestaltungsmerkmale sind in Tabelle 15 dargestellt.

### 5.5.1 Längen der Streckenabschnitte

Die Streckenzüge der Pilotstrecken haben Längen zwischen  $L = 23,0$  km und  $L = 47,0$  km. Die auf diesen betrachteten Streckenabschnitte weisen Längen zwischen ca.  $L = 2,5$  km und  $L = 16$  km auf. Der prozentuale Längenanteil des betrachteten Abschnittes am Streckenzug beträgt somit je nach Pilotstrecke zwischen 6 % und 64 %.

Die betrachteten Abschnitte der Pilotstrecken haben einen bis sechs Überholfahrstreifen pro Fahrtrichtung. Auf den meisten Streckenabschnitten sind jedoch mindestens drei Überholfahrstreifen pro Fahrtrichtung vorhanden. Der Anteil an Überholfahrstreifen liegt dabei mindestens bei 35 % pro Fahrtrichtung.

Kennzeichnungsfähige Abschnitte von Straßen der EKL 1 sollten nach Meinung des Forschungsnehmers mindestens drei Überholfahrstreifen und einen Anteil an Überholfahrstreifen von  $\geq 30$  % für jede Fahrtrichtung aufweisen. Andernfalls könnte das nach den RAL für Straßen der EKL 1 vorgesehene Prinzip des sicheren Überholens (Überholen unter

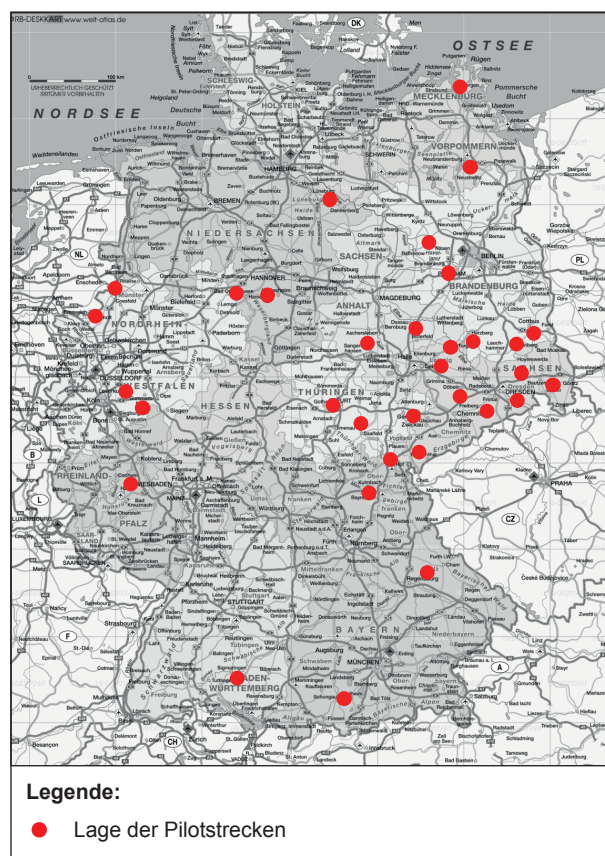


Bild 33: Lage der Pilotstrecken (Kartengrundlage: BRENNEMANN, 2014)

Nutzung eines gegenverkehrsunabhängigen Überholfahrstreifens) nicht gewährleistet werden. Kurze einbahnig zweistreifige Abschnitte sind auf Bestandsstraßen zulässig, wenn diese durch Zwangspunkte bedingt sind, wie z. B. Brücken. Diese können unter anderem aus wirtschaftlichen Gründen nicht ausgebaut werden (z. B. wie bei B 169). Diese Mindestvoraussetzungen an die Längen von kennzeichnungsfähigen Abschnitten werden überwiegend von den Pilotstrecken eingehalten.

### 5.5.2 Festlegung der Entwurfsklasse

Sieben der betrachteten Pilotstrecken haben eine Straßenkategorie LS I. Mit Ausnahme der B 16 sind deren maximale Verkehrsstärken alle  $DTV > 12.000$  Kfz/24 h. Die Pilotstrecken wurden somit entsprechend den Festlegungen nach den RAL durch die Verwaltungen der EKL 1 zugeordnet. Der betrachtete Streckenabschnitt der B 16 weist ausschließlich eine Verkehrsstärke von  $DTV = 9.791$  Kfz/24 h auf. Für den gesamten Streckenzug wurden für das Jahr 2025 jedoch bis zu  $DTV = 12.446$  Kfz/24 h prognostiziert. Daher hat das Staat-

Strecke	BL	Maßnahme	LS	Länge Abs./ Str.-zug [km]	max. DTV [Kfz/ 24 h]/ max. SV-Anteil [%]	Betriebs- form	Querschnitt		Linienfüh- rung	KP auf dem Abschnitt	KP-ab- stände [m]
							FB-breite 2-streifiger Abs. [m]	FB-breite 3-streifiger Abs.[m]			
B 169, Abs. 1	BB	realisierte Ummarkierung	I	10,3/ 47,0	14.000/ 16,0	Kraftfahr- straße	-	11,50	40 (3) 46 (2)	k. A.	teilplanfrei > 3.000, 1mal 2.000
B 169, Abs. 2	BB	realisierte Ummarkierung	I	10,1/ 47,0	17.000/ 17,0	Kraftfahr- straße	8,00 (L = 0,7 km)	11,50	45 (3), 45 (3)	k. A.	teilplanfrei > 3.000
B 96n	MV	realisierte Ummarkierung	II	16,2/ 30,0	22.500/ 10,0	Kraftfahr- straße	-	11,50	45 (5), 46 (5)	gemäß RAS-L	teilplanfrei planfrei > 3.000, 1mal 1.800
B 16	BY	geplanter 3-str. Ausbau	I	2,6/ 41,0	9.791/ 10,2	Kraftfahr- straße	-	12,50	38 (1) 38 (1)	gemäß RAL	-
B 178n	SN	realisierte Ummarkierung	I	16,1/ 41,6	k. A.	Kraftfahr- straße	-	11,50	43 (5), 45 (6)	gemäß RAS-L	teilplanfrei > 3.000
B 83	NI	Pilotstrecke aus LIPPOLD u. a. (2013)	II	3,5/ 23,0	11.100/ 8,1	Kraftfahr- straße	-	11,50	43 (1) 37 (1)	k. A.	teilplanfrei 2.000
B 54	NRW	realisierte Ummarkierung	I	5,2/ 42,0	18.900/ 14,4	Kraftfahr- straße	8,50	12,00	38 (2) 35 (2)	k. A.	teilplanfrei k. A.
B 85	TH	theoretische Anwendung M EKLBest	I	16,0/ 25,0	35.800/ 12,5	Kraftfahr- straße	-	4-streifig: 14,25, 18,00	durchgängig ÜFS pro Rich- tung	nicht nach RAL	teil- planfrei, teil- planfrei, teil- plangleich, plangleich mit LSA < 3.000, 1mal 3.400
S 177	SN	realisierter Aus- bau nach RAS-Q, Markierung nach RAL	I	5,0/ 33,0	15.500/ k. A.	Kraftfahr- straße	-	11,50 (teilweise 4-streifig: 17,00)	55 (4) 74 (4)	gemäß RAL	teilplanfrei < 3.000
BL Abs.	Bundesland Abschnitt	FB ÜFS	Fahrbahn Überholfahrstreifen	KP	Knotenpunkt keine Angaben	KP	k. A.				

Tab. 15: Übersicht über die Pilotstrecken der EKL 1

liche Bauamt Regensburg die B 16 ebenfalls der EKL 1 zugeordnet.

Zwei der betrachteten Streckenabschnitte weisen die Straßenkategorie LS II auf. Die Verkehrsstärke der B 96n wurde dabei auf  $DTV > 15.000$  Kfz/24 h prognostiziert. Daher hat das Landesamt für Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern gemäß RAL den Streckenzug der EKL 1 zugeordnet. Die Straßenkategorie und die Verkehrsstärken der B 83 entsprechen nach den RAL nicht denen von Straßen der EKL 1 (LS II,  $DTV < 15.000$  Kfz/24 h). Der betrachtete Abschnitt der B 83 war eine Pilotstrecke aus dem Projekt FE 02.281/2007/AGB „Wirkung, Akzeptanz und Dauerhaftigkeit von Elementen zur Fahrtrichtungstrennung auf Landstraßen“ (LIPPOLD u. a., 2013). In dem Projekt wurden die EKL der Strecken nicht bestimmt. Die Zuordnung der B 83 zu der EKL 1 ist daher nach den RAL nicht gerechtfertigt. Da jedoch eine Markierung des betrachteten Abschnitts entsprechend der EKL 1 nach den RAL erfolgte, wurde die Pilotstrecke in dem vorliegenden Projekt analysiert.

### 5.5.3 Betriebsform

Es werden derzeit mit Ausnahme der B 85 alle betrachteten Streckenabschnitte als Kraftfahrstraße betrieben. Für die B 85 wurde geprüft, ob für den betrachteten Streckenabschnitt theoretisch eine Kennzeichnung als Straße der EKL 1 erfolgen kann. Der Abschnitt wird derzeit nur teilweise als Kraftfahrstraße betrieben. Jedoch plant das Straßenbauamt Mittelthüringen, die B 85 durchgängig als Kraftfahrstraße zu betreiben.

Die Oberste Baubehörde Bayerns betont in ihrem Erfahrungsbericht zur Anwendung der RAL, dass der Betrieb des RQ 15,5 als Kraftfahrstraße für die Gewährleistung einer hohen Reisegeschwindigkeit und einer hohen Verkehrssicherheit eine zwingende Voraussetzung ist. Daher sollte es vermieden werden, auf den Betrieb als Kraftfahrstraße im Bestand zu verzichten (STMI, 2015).

Auf der Grundlage der analysierten Pilotstrecken und der Hinweise der Länder empfiehlt der Forschungsnehmer, dass Straßen der EKL 1 ausschließlich als Kraftfahrstraßen betrieben werden sollten.

### 5.5.4 Querschnitt

Die Pilotstrecken weisen überwiegend in den dreistreifigen Abschnitten einen RQ 15,5 nach RAS-Q auf. In den zweistreifigen Abschnitten haben sie

eine Fahrbahnbreite von  $B = 8,00$  m bzw.  $B = 8,50$  m. Nach dem Forschungsnehmer sollten Straßen der EKL 1 im dreistreifigen Abschnitt mindestens Fahrbahnbreiten von  $B = 11,50$  m und im zweistreifigen Bereich mindestens Fahrbahnbreiten von  $B = 8,50$  m aufweisen.

Der erste Unterabschnitt der S 177 ist zweibahnig vierstreifig ausgebildet und bei der B 85 ist geplant, diese durchgängig zweibahnig vierstreifig auszubilden. Derzeit gibt das M EKLBest keine Hinweise, wie mit von den RAL abweichenden zweibahnig vierstreifigen Querschnitten umgegangen werden soll. Die befragten Straßenbauverwaltungen und der Forschungsnehmer selbst sehen hier jedoch keinen Ergänzungsbedarf im M EKLBest und in den RAL. Vielmehr sollte sich aber zur Gestaltung der Übergangsbereiche zu nicht ausgebauten Straßen des Bestandsnetzes geäußert werden.

Der Anteil an Überholfahrstreifen liegt bei den betrachteten Streckenabschnitten mindestens bei 40 % pro Fahrtrichtung. Die Pilotstrecken erfüllen somit die Vorgaben nach den RAL. Aus Sicht des Forschungsnehmers sollten auch Straßen des Bestandsnetzes mit dieser hohen Verbindungsfunktion mindestens einen Anteil an Überholfahrstreifen von  $\geq 30$  % für jede Fahrtrichtung aufweisen, um annähernd die geforderte Verkehrsqualität und Verkehrssicherheit gewährleisten zu können.

Die Querschnittsaufteilungen der Pilotstrecken sind in Tabelle 16 und Tabelle 17 dargestellt. Bei den Strecken B 16 und B 54 haben ausschließlich die Straßenbauverwaltungen darüber entschieden, wie die Querschnitte aufgeteilt werden sollen. Zu der Querschnittsaufteilung auf der B 169 erfolgte ein Beratungstermin zwischen dem Forschungsnehmer und dem Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg. Dabei wurden durch die Verwaltung die zu berücksichtigenden Zwangspunkte beschrieben, wie z. B.

- Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit: Kürzlich aufgebrachte Markierungen, wie z. B. die Fahrbahnbegrenzungslinien sollen bestehen bleiben und nicht wieder abgefräst werden.
- Vermeidung von Phantommarkierungen: Vor allem im Bereich des verkehrstechnischen Mittelstreifens sollen keine Phantommarkierungen auftreten. Eine Verbreiterung des verkehrstechnischen Mittelstreifens sollte daher nur einseitig erfolgen.

Fahr- bahn [m]	Rand- streifen neben einstr. Ri. [m]	Fahr- streifen in der einstr. Ri. [m]	Mittel- streifen [m]	Überhol- fahrstreifen in der zweist. Ri. [m]	Hauptfahr- streifen in der zweist. Ri. [m]	Rand- streifen neben zweist. Ri. [m]	Pilot- strecke
12,50	0,75	3,50	1,00	3,25	3,50	0,50	B 16
12,00	0,50	3,50	1,00	3,25	3,50	0,25	B 54
11,50	0,25	3,50	0,75	3,25	3,50	0,25	B 169, B 83
11,50	0,25	3,75	0,50	3,25	3,50	0,25	S 177
11,50	0,50	3,25	0,75	3,25	3,25	0,50	B 96n, B 178n

Tab. 16: Querschnitte der Pilotstrecken der EKL 1 im dreistreifigen Bereich

Fahr- bahn [m]	Rand- streifen [m]	Fahr- streifen [m]	Mittel- streifen [m]	Fahr- streifen [m]	Rand- streifen [m]	Pilotstrecke
8,50	0,25	3,75	0,50	3,75	0,25	B 54
8,00	0,45	3,25	0,60	3,25	0,45	B 169, Abs. 2

Tab. 17: Querschnitte der Pilotstrecken der EKL 1 im zweistreifigen Bereich

Die für die Pilotstrecken S 177, B 178n und B 96n zuständigen Straßenbauverwaltungen haben den Forschungsnehmer über deren zur Kennzeichnung als Straße der EKL 1 maßgebenden Gestaltungsmerkmale informiert, wie z. B. die vorhandene Fahrbahnbreite (jew. B = 11,50 m). Daraufhin hat der Forschungsnehmer den Verwaltungen einen Vorschlag für eine mögliche Querschnittsaufteilung unterbreitet. Mit Ausnahme der S 177 wurde der Vorschlag bei den Pilotstrecken umgesetzt. Bei der S 177 wurde die Randstreifenbreite von B = 0,25 m wie im Bestand beibehalten. Eine Begründung dazu liegt nicht vor.

Im Abschnitt 1 der B 96n wurde die bestehende Querschnittsaufteilung beibehalten. Das Landesamt für Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern hat in Abstimmung mit dem Forschungsnehmer ausschließlich die Fläche zwischen den beiden Fahrstreifenbegrenzungslinien mit der Farbe „Verkehrsgrün“ nach den RAL versehen lassen.

Die B 83 ist eine Pilotstrecke des Projektes FE 02.281/2007/AGB „Wirkung, Akzeptanz und Dauerhaftigkeit von Elementen zur Fahrtrichtungstrennung auf Landstraßen“ (LIPPOLD u. a., 2013). Die Aufteilung der Querschnittselemente wurde im Rahmen des Projektes festgelegt.

Bei kleineren Fahrbahnbreiten im Bestand im Vergleich zu den Vorgaben nach den RAL soll nach M EKLBest der Randstreifen vor dem Mittelstreifen

reduziert werden. Die Straßenbauverwaltungen ziehen eine Reduzierung des Mittelstreifens vor dem Randstreifen vor. Dies wird auch vom Forschungsnehmer befürwortet. Der verkehrstechnische Mittelstreifen sollte zugunsten der vollen Randstreifenbreite bis zu 0,50 m reduziert werden können. Weiterhin sollte nach Ansicht des Forschungsnehmers der Fahrstreifen in der einstreifigen Richtung aufgrund einer vermehrten Spurrinnenbildung nicht auf B = 3,25 m reduziert werden, sondern eine Breite von B = 3,50 m aufweisen.

Die B 169 weist kurze einbahnig zweistreifige Abschnitte auf, welche durch Zwangspunkte in Form von Brücken bedingt werden. Diese können unter anderem aus wirtschaftlichen Gründen nicht ausgebaut werden. In diesen Abschnitten wird der verkehrstechnische Mittelstreifen durchgezogen. Dies wurde der Straßenbauverwaltung vom Forschungsnehmer empfohlen und umgesetzt. Der verkehrstechnische Mittelstreifen ist für Straßen der EKL 1 eines der prägnantesten Wiedererkennungsmerkmale. Durch seine Fortführung auch in den zweistreifigen Abschnitten ist für den Fahrer stets erkennbar, dass er sich auf einer Straße der EKL 1 befindet. Damit entsteht kein gravierender Bruch in der optischen Gestaltung der Straße.

Auf der B 169, der B 16 und der B 96n sind die kritischen und unkritischen Wechsel gemäß den Festlegungen nach den RAL gestaltet.



### 5.5.5 Linienführung

Die Pilotstrecken wurden z. T. nach den RAS-L geplant und halten deren Festlegungen ein. Im Vergleich zu den Festlegungen nach den RAL werden auf den Pilotstrecken folgende Vorgaben nicht eingehalten:

- Radienbereich,
- Mindestlänge von Kreisbögen,
- maximale Geradenlänge,
- Verhältnis aufeinanderfolgender Radien,
- Radiengröße im Anschluss an lange Geraden
- maximale Längsneigung,
- Mindesthalbmesser und
- ausreichende Sichtweiten.

Für die B 85 lagen keine Planungsunterlagen vor. An dem entsprechenden Streckenabschnitt wurde das M EKLBest nur theoretisch angewandt und es wurde somit nur theoretisch geprüft, ob eine Kennzeichnung als Straße der EKL 1 erfolgen könnte. Der Streckenabschnitt der B 85 weist auch Abweichungen zwischen den vorhandenen Entwurfsparametern und den Festlegungen nach den RAL auf. Das Straßenbauamt Mittelthüringen unterstützt eine bauliche Behebung der wesentlichen Defizite in der Linienführung. Kann dies nicht angemessen erfolgen, sollen flankierende verkehrstechnische Maßnahmen zum Einsatz kommen.

Der Forschungsnehmer empfiehlt, dass kennzeichnungsfähige Abschnitte von Straßen der EKL 1 mindestens einen Radius von  $\min R = 350 \text{ m}$  aufweisen sollten, da nach den RAL Straßen der EKL 1 i. d. R. eine sehr gestreckte Linienführung haben. Weiterhin sollte die Radienrelationen im guten Bereich liegen.

### 5.5.6 Knotenpunkte

Auf den betrachteten Streckenabschnitten sind die Knotenpunkte v. a. teilplanfrei ausgebildet. Die B 96n weist sogar einen planfreien Knotenpunkt auf. Ausschließlich die B 85 weist teilplangleiche und plangleiche Knotenpunkte auf. Das Straßenbauamt Mittelthüringen plant jedoch, die plangleichen Knotenpunkte ggf. zu verknüpfen. Dabei wird die Ausbildung von teilplanfreien Knotenpunkten

angestrebt. Dies ist ggf. nicht möglich, da dazu Grunderwerb notwendig wird. In diesem Fall ist eine Signalisierung der plangleichen Knotenpunkte vorgesehen. Der Forschungsnehmer empfiehlt, dass die Knotenpunkte auf den kennzeichnungsfähigen Abschnitten mindestens teilplanfrei ausgebildet sind, um das angestrebte Sicherheitsniveau in den Knotenpunkten zu erreichen.

Die nach den RAL geforderten Knotenpunktabstände von mindestens 3 km können auf den betrachteten Streckenabschnitten nicht immer eingehalten werden. Vor allem auf der B 85 liegen in kurzen Knotenpunktabständen ( $< 1 \text{ km}$ ) viele Knotenpunkte vor (15 KP auf ca. 16 km), wobei diese vor allem plangleich sind. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass das Straßenbauamt Mittelthüringen plant, die plangleichen Knotenpunkte ggf. zu verknüpfen.

Nach Ansicht des Forschungsnehmers sollten Ein- und Ausfädelungstreifen im Bestand nachgerüstet werden, da die Fahrgeschwindigkeiten in den letzten Jahren zugenommen haben. Um eine angemessene Verkehrssicherheit gewährleisten zu können, müssen auch die Knotenpunkte angepasst werden. Der Forschungsnehmer empfiehlt, im M EKLBest zu dieser Thematik einen Hinweis zu geben.

Aus dem Erfahrungsbericht der Obersten Baubehörde im bayrischen Staatsministerium des Inneren, für Bau und Verkehr geht hervor, dass im Bestand Verknüpfungen zwischen Straßen der EKL 1 und Straßen der EKL 4 vorliegen (STMI, 2015). Der Forschungsnehmer empfiehlt, dass diese Verknüpfungen bestehen bleiben können. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Knotenpunkte mindestens teilplanfrei ausgebildet sind.

### 5.5.7 Übergangsbereiche

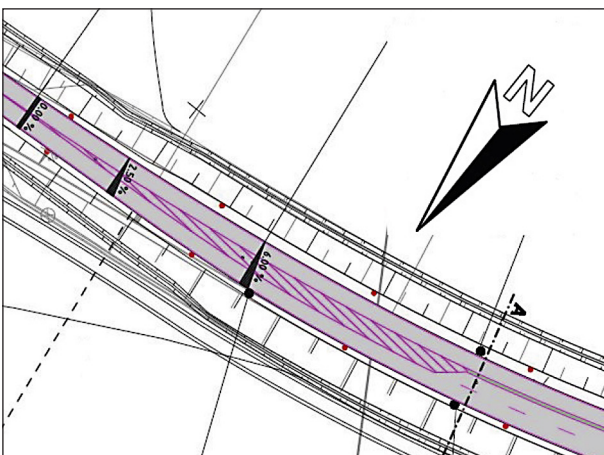
Die Übergänge zwischen den gekennzeichneten Abschnitten und den angrenzenden Abschnitten des Bestandsnetzes erfolgen auf den Pilotstrecken an Knotenpunkten und auf der freien Strecke. Die Knotenpunkte sind dabei als plangleiche Knotenpunkte mit LSA, als teilplanfreie oder als planfreie Knotenpunkte ausgebildet. Am plangleichen Knotenpunkt mit LSA erfolgt der Übergang nach den Mittelinseln (Bild 34) oder den Linksabbiegestreifen über eine Sperrfläche. In Bild 34 beginnt der betrachtete Streckenabschnitt in Blickrichtung nach einem plangleichen Knotenpunkt mit LSA im Anschluss an eine Mittelinsel.



**Bild 34:** Beginn eines dreistreifigen Abschnitts der B 169 in Blickrichtung nach einem plangleichen KP mit LSA im Anschluss an eine Mittelinsel



**Bild 35:** Übergang in Blickrichtung zwischen einem zweistreifigen Abschnitt des Bestands und einem dreistreifigen Abschnitt der EKL 1 auf der freien Strecke der B 169

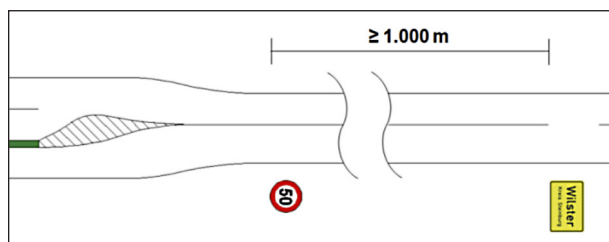


**Bild 36:** Übergangsbereich der B 96n auf der freien Strecke (VEAPLAN ROSTOCK GBR, 2009)

Auf der freien Strecke erfolgt der Übergang über eine Verbreiterung der Fahrbahn. Dabei ist eine Fahrstreifenbegrenzungslinie markiert, die in eine Sperrfläche und schließlich in den Überholfahrstreifen übergeht (Bild 35, Bild 36).



**Bild 37:** Übergangsbereich im Zuge der S 177



**Bild 38:** Gestaltungsvorschlag für einen Übergang einer Straße der EKL 1 zu einer Ortschaft

Auf der B 83 und der S 177 erfolgt der Übergang auf der freien Strecke über eine Sperrfläche. In Bild 37 ist dies beispielhaft dargestellt. Auf der S 177 geht in Blickrichtung der dreistreifige EKL 1-Abschnitt über eine Sperrfläche in einen zweibahnig vierstreifigen EKL 1-Abschnitt über.

Befinden sich im Zuge von Straßen der EKL 1 Ortsdurchfahrten, so ist nach dem Forschungsnehmer die Gestaltung als Straße der EKL 1 vor dem Ortseingang rechtzeitig zu unterbrechen und ein Übergangsbereich vorzusehen. Ein Gestaltungsvorschlag ist in Bild 38 dargestellt. Dabei ist zu diskutieren, ob ggf. auch ein Geschwindigkeitstrichter und/oder eine Mittelinsel am Ortseingang angeordnet werden sollten. Konkrete Anregungen oder Meinungen zu diesem Thema liegen seitens der Straßenbauverwaltungen nicht vor.

## 5.6 Straßen der EKL 2

Es wurden 13 Abschnitte von Straßen der EKL 2 analysiert. Deren wichtigsten Gestaltungsmerkmale sind in Tabelle 18 dargestellt.

### 5.6.1 Längen der Streckenabschnitte

Die Längen der Streckenzüge der Pilotstrecken betragen zwischen ca.  $L = 16$  km und  $L = 200$  km. Die

betrachteten Streckenabschnitte weisen Längen zwischen ca.  $L = 2$  km und  $L = 33$  km auf. Der Anteil der betrachteten Abschnitte am gesamten Streckenzug liegt zwischen ca. 6 % und ca. 98 %.

Die Streckenabschnitte weisen einen bis vier Überholfahrstreifen pro Fahrtrichtung auf. Mit Ausnahme der B 472 und der B 90 liegt der Anteil an Überholfahrstreifen pro Richtung bei mindestens 13 %.

Der Forschungsnehmer empfiehlt, dass Straßen der EKL 2 mindestens zwei Überholfahrstreifen pro Fahrtrichtung aufweisen sollten. Der Anteil an Überholfahrstreifen sollte dabei weiterhin mindestens  $\geq 15$  % pro Fahrtrichtung sein. Dabei sollten Abschnitte auch dann kennzeichnungsfähig sein, wenn in diesen keine Überholfahrstreifen, jedoch in absehbarer Zeit in den benachbarten Abschnitten Überholfahrstreifen angeordnet werden können.

### 5.6.2 Festlegung der Entwurfsklasse

Mit Ausnahme der B 173 sind alle betrachteten Streckenabschnitte der Straßenkategorie LS II zugeordnet. Mit wenigen Ausnahmen (B 101, B 169) haben alle Pilotstrecken keine besonders hohen bzw. niedrigen Verkehrsstärken, die die Wahl einer höherrangigen bzw. einer niederrangigen EKL rechtfertigen würden.

Die Pilotstrecken L 48, B 87, B 97, B 101 und B 169 waren Untersuchungsstrecken in dem Projekt „Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen (AOSI)“ (LIPPOLD u. a., 2011). Deren Entwurfsklassen wurden nicht nach den RAL, sondern im Rahmen des Projektes festgelegt. Die Pilotstrecken sind jedoch wie EKL 2-Straßen nach den RAL gestaltet und wurden daher im Rahmen des vorliegenden Projektes analysiert.

Die Entwurfsklassen der übrigen Pilotstrecken wurden durch die Straßenbauverwaltungen festgelegt. Dies erfolgte vorrangig nach den Festlegungen der RAL. Die B 173 entspricht der Straßenkategorie LS I. Aufgrund der vorhandenen Verkehrsstärken wurde sie vom Staatlichen Bauamt Bayreuth der EKL 2 zugeordnet.

Einige Straßenbauverwaltungen haben darauf hingewiesen, dass eine einbahnig zweistreifige Straße, die eigentlich entsprechend ihrer Straßenkategorie und ihrer Verkehrsstärke einer EKL 2 entspricht, in der Praxis nicht als Straße der EKL 2 gestaltet wird, wenn sie

- nicht unfallauffällig ist und
- eine Streckencharakteristik einer Straße der EKL 3 aufweist.

In diesem Fall besteht seitens der Verwaltungen kein Grund, Überholfahrstreifen anzuordnen. Es sei aus wirtschaftlichen Gründen sinnvoller, die Straße entsprechend einer EKL 3 zu gestalten. Nach dem Forschungsnehmer muss eine Straße der EKL 2 nicht zwingend als EKL 2 markiert werden, wenn sie mit dem Standard einer EKL 3 verkehrssicher betrieben wird. Dies ist jedoch eine Angelegenheit der Straßenbauverwaltungen, die über die Einordnung des Abschnittes und das Netzkonzept entscheiden.

Es hat u. a. die Landesstraßenbaubehörde Sachsen-Anhalt darauf hingewiesen, dass sich einige in mehrere Abschnitte eingeteilte Baumaßnahmen häufig über längere Zeiträume ziehen, in denen sich die jeweils maßgebenden Regelwerke ändern. Vielfach werden dann auch heute noch für die Wahl des Querschnitts die nicht mehr maßgebenden Regelwerke zugrunde gelegt, um Brüche in der Streckencharakteristik zu vermeiden. Dies ist zum Beispiel bei der B 180 der Fall. Es müsste ein ca. 2,0 km langer Abschnitt im Zuge eines ca. 48 km langen Streckenabschnittes nach den RAL geplant werden. Dies ist aus Sicht der Landesstraßenbaubehörde Sachsen-Anhalt nicht sinnvoll.

### 5.6.3 Betriebsform

Auf den Pilotstrecken sind überwiegend alle Verkehrsteilnehmer zugelassen. Auf vier Strecken wird der Radverkehr nicht zugelassen. Zwei der Streckenabschnitte werden als Kraftfahrstraße betrieben. Der Forschungsnehmer empfiehlt, dass mindestens der Radverkehr nicht zugelassen werden sollte.

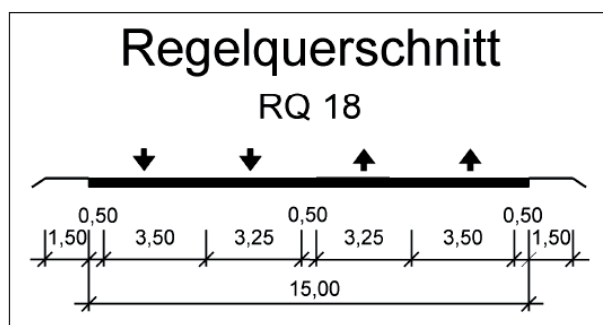


Bild 39: SQ 18 im Zuge der B 173 (STAATLICHES BAUAMT BAYREUTH)

Strecke	BL	Maßnahme	LS	Länge Abs./ Str.-zug [km]	max. DTV [Kfz/ 24 h]/ max. SV-Anteil [%]	Betriebsform	Querschnitt		Anteil [%] (Anzahl) ÜFS pro Richtung	Linienfüh- rung	KP auf dem Abschnitt	KP-ab- stände [m]
							FB-breite 2-streifiger Abs. [m]	FB-breite 3-streifiger Abs. [m]				
B 173	BY	geplanter Ausbau	I	4,9/ 79,0	12.358/ 11	Kraftfahr- straße	8,50	12,00 (teilweise 4-streifig: (15,00, L = 0,83 km)	55 (3), 35 (2)	gemäß RAL	teilplanfrei	< 2.000
B 180	ST	geplanter Ausbau	II	2,0/ 27,0	9.600/ 10	allgemein, ohne Rad- verkehr	8,00	-	-	gemäß RAS-L	plangleich ohne LSA	1.100
B 327	RP	realisierter Neubau	II	4,7/ 35,0	8.300/ 12,5	allgemein, ohne Rad- verkehr	8,00	11,75	18 (1), 22 (1)	gemäß RAS-L	teilplangleich, teilplanfrei	> 2.000, 1mal 1.700
B 472	BY	z. T. geplanter, z. T. realisierter Um- und Ausbau	II	33,0/ 55,0	14.000/ 9,0	Kraftfahr- straße	7,50 bzw. 8,00	11,50	17 (4), 12 (3)	gemäß RAS-L	teilplanfr., teilplangleich, plangleich ohne LSA	> 2.000, 2mal ca. 1.000
B 3	NI	realisierte Ummarkierung	II	6,9/ 83,0	12.600/ 11,2	allgemein, teil- weise ohne Radverkehr	7,50	11,00	48 (3), 29 (2)	k. A.	planfrei, teil- planfr., teil- plan-gleich	> 2.000, 2mal < 1.000
L 48	BB	Pilotstrecke aus LIPPOLD u. a. (2011)	II	9,0/ 20,0	7.700/ 5	allgemein	7,50	12,00	18 (2), 20 (2)	k. A.	plangleich ohne LSA	> 2.000, 2mal ≤ 1.000
B 87	SN	Pilotstrecke aus LIPPOLD u. a. (2011)	II	11,7/ 200,0	8.200/ 18	allgemein	7,50	11,50	16 (2), 13 (2)	nicht nach RAL	plangleich ohne LSA	≥ 2.000
B 97	BB	Pilotstrecke aus LIPPOLD u. a. (2011)	II	8,8/ 80,0	14.000/ 13	allgemein	7,50	11,50	28 (3), 17 (2)	k. A.	plangleich ohne LSA	> 2.000, 1mal 1.000
B 101	BB	Pilotstrecke aus LIPPOLD u. a. (2011)	II	7,5/ 30,0	5.200/ 17	allgemein	7,50	11,50	32 (2), 32 (2)	k. A.	plangleich ohne LSA	> 2.000
B 169	SN	Pilotstrecke aus LIPPOLD u. a. (2011)	II	4,5/ 24,0	7.000/ 24	allgemein	7,50	12,00	15 (1), 13 (1)	nicht nach RAL	plangleich ohne LSA	2.000

Tab. 18: Übersicht über die Pilotstrecken der EKL 2



Strecke	BL	Maßnahme	LS	Länge Abs./ Str.-zug [km]	max. DTV [Kfz/ 24 h]/ max. SV-Anteil [%]	Betriebsform	Querschnitt			Linienführung	KP auf dem Abschnitt	KP-abstände [m]
							FB-breite 2-streifiger Abs. [m]	FB-breite 3-streifiger Abs. [m]	Anteil [%] (Anzahl) ÜFS pro Richtung			
B 2/16	NI	geplanter Ausbau	II	2,9/ 49,0	8.400/ 24,7	allgemein, ohne Radverkehr	8,00	12,00	28 (1) 38 (1)	k. A.	plangleich ohne LSA	> 2.000
B 7	TH	theoretische Anwendung M EKLBest	II	5,7/ 16,0	15.800/ 17,1	allgemein	-	12,00	32 (2) 47 (3)	v. a. nach RAL	plangleich ohne/mit LSA	> 2.000, 2mal ≤ 1.000
B 90	TH	theoretische Anwendung M EKLBest	II	11,8/ 26,0	14.000/ 12,0	allgemein, ohne Radverkehr	7,50	11,25	34 (1) 0 (0)	nicht nach RAL	teilplangleich, plangleich mit LSA	> 2.000, 2mal 1.000
BL Abs.	Bundesland	FB	Fahrbahn	Überholfahrstreifen	KP	Knotenpunkt						
		ÜFS			k. A.	keine Angaben						

Tab. 18: Übersicht über die Pilotstrecken der EKL 2 (Fortsetzung)

### 5.6.4 Querschnitt

Die Pilotstrecken weisen in den dreistreifigen Abschnitten Fahrbahnbreiten von  $B = 11,00$  m bis  $B = 12,00$  m auf, wobei überwiegend die Fahrbahnbreite  $B = 11,50$  m und  $B = 12,00$  m beträgt. In den zweistreifigen Abschnitten haben die Strecken Fahrbahnbreiten von  $B = 7,50$  m oder  $B = 8,00$  m. Abweichend von dem RQ 11,5+ wurde im Zuge der B 173 der Sonderquerschnitt SQ 18 angeordnet (Bild 39). Dies ist ein einbahnig vierstreifiger Querschnitt, der geplant wurde, um den nach den RAL geforderten Anteil an gesicherten Überholmöglichkeiten von 20 % erreichen zu können.

Nach dem Forschungsnehmer sollten Straßen der EKL 2 im dreistreifigen Abschnitt mindestens Fahrbahnbreiten von  $B = 11,00$  m und im zweistreifigen Bereich mindestens Fahrbahnbreiten von  $B = 7,50$  m aufweisen. Die Pilotstrecken erfüllen somit die Empfehlungen des Forschungsnehmers.

Die Streckenabschnitte weisen einen bis vier Überholfahrstreifen pro Fahrtrichtung auf. Die Überholfahrstreifen weisen dabei Längen zwischen  $L = 600$  m bis  $L = 1.850$  m auf. Mit Ausnahme der der B 90 liegt der Anteil an Überholfahrstreifen pro Richtung bei mindestens 12 %.

Der Forschungsnehmer empfiehlt, dass Straßen der EKL 2 pro Fahrtrichtung mindestens zwei Überholfahrstreifen und einen Anteil an Überholfahrstreifen von mindestens  $\geq 15$  % aufweisen sollten. Dabei sollten Abschnitte auch dann kennzeichnungsfähig sein, wenn in diesen keine Überholfahrstreifen, jedoch in absehbarer Zeit in den benachbarten Abschnitten Überholfahrstreifen angeordnet werden können. Für diese Fälle ist u. a. die Pilotstrecke B 472 ein gutes Beispiel. Auf dem Streckenzug ist eine systematische Anlage von Überholfahrstreifen vorgesehen. Die meisten Pilotstrecken erfüllen somit die Empfehlungen des Forschungsnehmers.

Die Querschnittsaufteilungen der Pilotstrecken sind in Tabelle 19 und in Tabelle 20 dargestellt. Die Pilotstrecken L 48, B 87, B 97, B 101 und B 169 waren Untersuchungsstrecken in dem Projekt „Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen (AOSI)“ (LIPPOLD u. a., 2011). Im Rahmen des Projektes wurde festgelegt, wie die Querschnittsaufteilung erfolgen sollte.

Bei den Strecken B 173, B 472, B 3 und B 216 haben ausschließlich die Straßenbauverwaltungen darüber entschieden, wie die Querschnitte aufge-



Fahr- bahn [m]	Rand- streifen neben einstr. Ri. [m]	Fahrtrei- fen in der einstr. Ri. [m]	Doppel- linie [m]	Überhol- fahrstreifen in der zweistr. Ri. [m]	Hauptfahr- streifen in der zweistr. Ri. [m]	Rand- streifen neben zweistr. Ri. [m]	Pilot- strecke
12,00	0,25	3,75	1,00	3,25	3,50	0,25	L 48, B 169
12,00	0,75	3,50	0,50	3,25	3,50	0,50	B 173, B 216
11,75	0,75	3,50	0,50	3,25	3,25	0,50	B 327
11,50	0,75	3,25	0,50	3,25	3,25	0,50	B 472
11,50	0,25	3,50	0,75	3,25	3,50	0,25	B 87, B 97, B 101
11,00	0,25	3,50	0,50	3,00	3,50	0,25	B 3

Tab. 19: Querschnitte der Pilotstrecken der EKL 2 im dreistreifigen Bereich

Fahr- bahn [m]	Rand- streifen [m]	Fahrtrei- fen [m]	Doppel- linie [m]	Fahrtrei- fen [m]	Rand- streifen [m]	Pilotstrecke
8,50	0,50	3,50	0,50	3,50	0,50	B 173
8,00	0,25	3,50	0,50	3,50	0,25	B 216
8,00	0,50	3,25	0,50	3,25	0,50	B 327, B 472
7,50	0,25	3,25	0,50	3,25	0,25	B 472, B 97, B 101
7,50	0,25	3,32	0,36	3,32	0,25	L 48, B 87, B 169
7,50	0,25	3,50	-	3,50	0,25	B 3

Tab. 20: Querschnitte der Pilotstrecken der EKL 2 im zweistreifigen Bereich

teilt und gekennzeichnet werden sollen. Die Querschnittsaufteilung der B 173 und der B 216 im dreistreifigen Bereich erfolgt nach den Festlegungen der RAL. Bei der B 472 wurde bei einer Fahrbahnbreite von  $B = 11,50$  m eine Randstreifenbreite neben der einstreifigen Richtung von  $B = 0,75$  m angeordnet, um dem Betriebsdienst für seine Arbeiten ausreichend Platz zur Verfügung stellen zu können. Im dreistreifigen Bereich der B 3 wurde in der zweistreifigen Richtung für den Überholfahrstreifen eine Breite von  $B = 3,00$  m und für den Hauptfahrstreifen eine Breite von  $B = 3,50$  m vorgesehen. Aus Sicht des Forschungsnehmers ist es jedoch sinnvoll, wenn beide Fahrstreifen eine Breite von  $B = 3,25$  m aufweisen. Eine Differenz von  $B = 0,50$  m zwischen den Fahrstreifen wird vom Fahrer wahrgenommen. Weiterhin wird der Überholvorgang Lkw-Lkw erschwert, so dass die Gefahr besteht, dass der überholende Lkw für seinen Überholvorgang den verkehrstechnischen Mittelstreifen mit benutzt.

Die Querschnittsaufteilung der B 173 im zweistreifigen Bereich erfolgt nach den Festlegungen der RAL. Bei der B 216 und der B 427 wurden im zweistreifigen Bereich die Randstreifen aufgrund von ge-

ringeren Fahrbahnbreiten im Vergleich zu den Festlegungen nach RAL auf  $B = 0,25$  m reduziert. Aus Sicht des Forschungsnehmers ist es neben dem Sicherheitsaspekt auch aus bautechnischen Gründen sinnvoll, wenn eine Randstreifenbreite von  $B = 0,50$  m angeordnet wird. So können z. B. Schäden an den Fahrbahnrandern vermieden werden. Im zweistreifigen Bereich der B 3 ist keine Doppellinie angeordnet. Nach der Auffassung des Forschungsnehmers ist die Anordnung einer Doppellinie jedoch maßgebend, da diese für Straßen der EKL 2 ein prägnantes Wiedererkennungsmerkmal ist und mit ihr ein größerer Abstand zum Gegenverkehr erreicht werden kann.

Die B 3 weist im Bestand einen RQ 14 auf. Daher konnte durch die Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr für den Überholfahrstreifen ausschließlich eine Breite von  $B = 3,00$  m vorgesehen und somit das Überholen von Fahrzeugen mit einer Breite von größer  $B = 2,30$  m nicht zugelassen werden.

Nach dem M EKLBest soll im Bestand bei geringeren Fahrbahnbreiten im Vergleich zu den Vorgaben nach den RAL der Randstreifen vor der Breite der

Doppellinie reduziert werden. Die Straßenbauverwaltungen würden eine Reduzierung der Breite der Doppellinie vor dem Randstreifen bevorzugen. Nach den Verwaltungen ist es nicht relevant, wie breit die Doppellinie ist, sondern dass sie vorhanden ist. Dies ist jedoch aus Sicht des Forschungsnehmers nicht sinnvoll. Die Doppellinie ist für Straßen der EKL 2 eines der prägnantesten Wiedererkennungsmerkmale. Da diese stets nach den Festlegungen der RAL gestaltet ist, ist für den Fahrer wichtig. So kann er erkennen, dass er sich auf einer Straße der EKL 2 befindet.

Die nach den RAL geforderten Bankettbreiten von  $B = 1,50$  m werden von den Pilotstrecken eingehalten.

### 5.6.5 Linienführung

Die Pilotstrecken wurden z. T. nach den RAS-L geplant und halten deren Festlegungen ein. Im Vergleich zu den Festlegungen nach den RAL werden folgende Vorgaben nicht eingehalten:

- maximale Geradenlänge,
- Radienbereich,
- Mindestlänge von Kreisbögen,
- Radienrelation,
- Radiengröße im Anschluss an eine Gerade,
- maximale Längsneigung,
- Mindestwannenhalbmesser und
- ausreichende Sichtverhältnisse.

Für die B 7 und die B 90 lagen keine Planungsunterlagen vor. An den entsprechenden Streckenabschnitten wurde das M EKLBest nur theoretisch angewandt und es wurde somit nur theoretisch geprüft, ob eine Kennzeichnung als Straße der EKL 2 erfolgen könnte. Die Streckenabschnitte weisen auch Abweichungen zwischen den vorhandenen Entwurfsparametern und den Festlegungen nach den RAL auf. Bei der B 7 wird ausschließlich die maximale Geradenlänge nach den RAL nicht eingehalten. Aus wirtschaftlichen Gründen sieht das Straßenbauamt Mittelthüringen daher keine Änderung der Linienführung vor. Die B 90 weist mehrere Defizite in der Linienführung auf. Das Straßenbauamt Mittelthüringen plant daher, flankierende verkehrstechnische Maßnahmen zu ergreifen.

Nach der Obersten Baubehörde Bayerns sollte die obere Grenze des Radienbereichs von Straßen der

EKL 2 entfallen oder nach oben geschoben werden (STMI, 2015). Nach dem Forschungsnehmer ist dies möglich. Für die Kennzeichnung von Straßen als Straßen der EKL 2 sollten in den dreistreifigen Abschnitten die Radien mindestens  $R \geq 350$  m betragen.

### 5.6.6 Knotenpunkte

Die betrachteten Streckenabschnitte weisen vorrangig plangleiche Knotenpunkte ohne LSA auf. Es liegen jedoch auch plangleiche Knotenpunkte mit LSA, teilplangleiche und teilplanfreie Knotenpunkte vor.

Auf den Pilotstrecken werden die Knotenpunkte größtenteils nicht verändert. Der Bestand wird beibehalten, da keine Gründe für eine Umgestaltung vorliegen. Zum Beispiel weist der Streckenzug der B 180 größtenteils plangleiche Knotenpunkte ohne LSA auf. Daher werden auch auf dem betrachteten Streckenabschnitt plangleiche Knotenpunkte ohne LSA vorgesehen. Dies ist seitens der Landesstraßenbaubehörde Sachsen-Anhalt ausreichend, da die B 180 vorrangig mit Gemeindestraßen verknüpft ist und nur geringe Abbiegebeziehungen vorliegen. Auch auf der B 472 sollen die plangleichen Knotenpunkte ohne LSA auch weiterhin nicht signalisiert werden. Aus Gründen des Verkehrsablaufes sind nach dem HBS keine LSA erforderlich. Das Straßenbauamt Mittelthüringen unterstützt stattdessen eine Ausstattung der plangleichen KP im Zuge der B 90 mit Lichtsignalanlagen. Die B 90 weist im Vergleich zur B 180 mit  $DTV = 14.000$  Kfz/24 h höhere Verkehrsstärken, stärkere Abbiegebeziehungen und bereits einen teilplangleichen KP auf dem Abschnitt auf.

Viele KP der Pilotstrecken entsprechen nicht den Vorgaben nach den RAL. Zum Beispiel haben die teilplanfreien KP der B 3 verkürzte Ausfädelstreifen und geringere Fahrbahnbreiten der Rampen.

Bei der B 327 liegen Sonderformen von Knotenpunkten vor. Sie sind eine Kombination aus einem teilplanfreien und einem teilplangleichen Knotenpunkt. Die KP wurden zur Verbesserung der Verkehrsqualität derartig ausgebildet. Weiterhin sind auch die Rampenquerschnitte nicht nach den RAL gestaltet. Der RRQ 1 ist mit einer Fahrbahnbreite von  $B = 5,50$  m und der RRQ 2 mit einer Breite von  $B = 7,50$  m ausgebildet.

Die Straßenbaubehörde Sachsen-Anhalts schlägt vor, Kreisverkehre im Zuge von Straßen der EKL 2 zuzulassen. Unter anderem aus betrieblichen Gründen, wie z. B. der Instandhaltung und Überwachung, soll außerorts die Anordnung von Lichtsignalanlagen vermieden werden. Dies ist jedoch aus Sicht des Forschungsnehmers nicht sinnvoll, da so Reisegeschwindigkeit, -zeit und -komfort gemindert werden würden.

Der Forschungsnehmer empfiehlt, dass bei Straßen der EKL 2 nach Einmündungen und Kreuzungen differenziert werden sollte. Kreuzungen mit klassifizierten Straßen sollten signalisiert werden.

Die Knotenpunktabstände betragen auf den Pilotstrecken überwiegend gemäß den RAL mindestens 2,0 km. Es liegen jedoch auch Abstände von < 1.000 m vor.

In einigen Pilotstrecken münden Wirtschaftswege und Grundstückszufahrten (z. B. B 169) ein. Nach der Auffassung des Forschungsnehmers sollten Anbindungen mit Wegen und Zufahrten in den dreistreifigen Abschnitten nach dem Prinzip „nur rechts abbiegen, nur rechts einbiegen“ betrieben werden.

Weiterhin liegen z. B. auf der B 87 und der B 97 Bushaltestellen im Knotenpunktbereich und bei der B 169 im Zuge des Streckenabschnitts vor (Bild 40). Bei der Gestaltung der Bushaltestellen sollten aus Sicht des Forschungsnehmers die Vorgaben der RAL berücksichtigt werden (Ziffer 6.9 der RAL).

### 5.6.7 Übergangsbereiche

Die Übergänge zwischen den Pilotstrecken und den Straßen des Bestandsnetzes erfolgen an Knotenpunkten, an Ortstafeln und auf der freien Strecke.

Da die Pilotstrecken L 48, B 87, B 97, B 101 und B 169 Untersuchungsstrecken in dem Projekt „Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen (AOSI)“ (LIPPOLD u. a., 2011) waren, wurde die Gestaltung der Übergangsbereiche im Rahmen des Projektes festgelegt.

Bei den Strecken B 173, B 472, B 3 und B 216 haben ausschließlich die Straßenbauverwaltungen darüber entschieden, wie die Übergangsbereiche gestaltet werden sollen. Die Möglichkeit der Erörterung der Entscheidung mit dem Forschungsnehmer oder über die Beweggründe für die Entwurfslösung bestand nicht.



Bild 40: Bushaltestelle auf der B 87 im Knotenpunktbereich



Bild 41: Bushaltestelle im Zuge der B 169



Bild 42: Übergang der L 48 am plangleichen Knotenpunkt ohne LSA

Ein Übergang am plangleichen Knotenpunkt ohne LSA liegt u. a. bei der L 48, der B 216 und bei der B 169 vor. Dieser wird durch eine einfache Fahrstreifenbegrenzungslinie gekennzeichnet, die in eine Sperrfläche übergeht (Bild 42, untere Darstellung, Beschreibung entgegen Blickrichtung). Die Sperrfläche entspricht dem Gegenstück zum Link-





**Bild 43:** Übergang der B 3 am teilplangleichen Knotenpunkt



**Bild 44:** Übergang der L 48 an einer Ortstafel



**Bild 45:** Übergang der L 48 an einer Mittelinsel

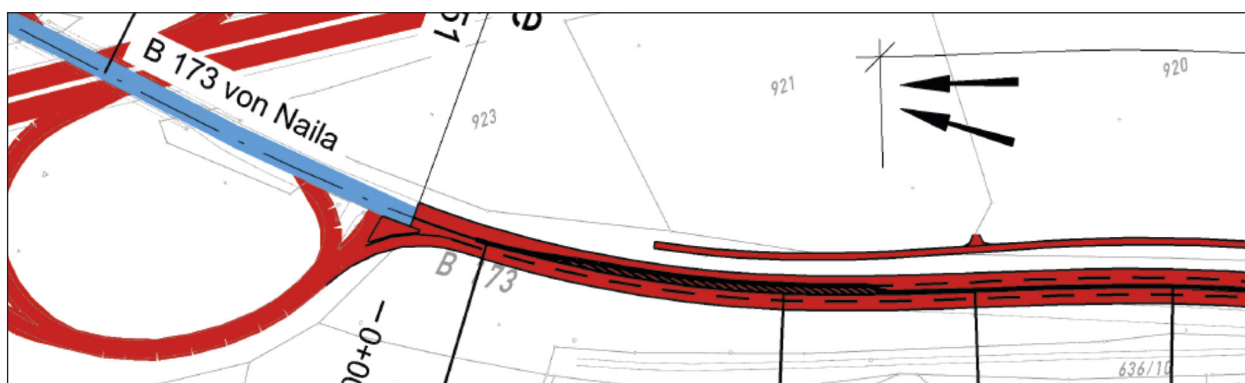
sabbiestreifen (Bild 42, obere Darstellung, Beschreibung entgegen Blickrichtung).

An einem teilplangleichen KP erfolgt der Übergang zum Bestand bei der B 3. Die Fahrbahn wird im Bereich des Ausfädelstreifens verbreitert. Dies ist in Bild 43 dargestellt, wobei eine einbahnig zweistreifige Straße des Bestandsnetzes (oberer Bereich des Bildes) in eine einbahnig dreistreifige Straße der EKL 2 übergeht (unterer Bereich des Bildes).

Der Übergang bei der B 173 erfolgt vom SQ 18 in den Bestand an einem planfreien Knotenpunkt (AS der A 72). Dabei wird der Ausfädelungsstreifen der Anschlussstelle fortgeführt und über eine Sperrfläche ein weiterer Überholfahrstreifen eingeleitet (Bild 46, Beschreibung von links nach rechts).

Bei den Pilotstrecken erfolgt der Übergang zwischen einem einbahnig zweistreifigen Abschnitt (Markierung mit einer Doppellinie) und einem Innerortsbereich an den Ortstafeln direkt, d. h. ohne Verziehung (Bild 44). Liegt an der Ortstafel eine Mittelinsel vor, wird der dreistreifige Bereich über eine Sperrfläche eingeleitet (Bild 45).

Der Übergang zum Bestandsnetz erfolgt z. B. bei der B 101, der B 216 und der B 169 auf der freien Strecke. Dabei wird zunächst der Überholfahrstreifen eingezogen (Bild 47, obere Darstellung, in Blickrichtung). Die Verziehungslänge beträgt z. B. auf der B 216  $L = 170$  m. Nach der Sperrfläche liegt eine einfache Fahrstreifenbegrenzungslinie vor (Bild 47, untere linke Darstellung), die schließlich in eine Leitlinie übergeht (Bild 47, untere rechte Darstellung). Der Übergang zwischen den Markierungen eines zweistreifigen Abschnittes einer Straße der EKL 2 und dem Bestandsnetz erfolgt z. B. auf der B 169 direkt (Bild 48). Aus Sicht des Forschers ist es jedoch sinnvoll, Straßen der EKL 2 an einem Knotenpunkt bzw. auf der freien



**Bild 46:** Übergang am planfreien KP der B 173 (STAATLICHES BAUAMT BAYREUTH)



**Bild 47:** Übergang eines dreistreifigen Bereichs der B 101 auf der freien Strecke



**Bild 48:** Übergang eines zweistreifigen Bereichs der B 169 zu einem zweistreifigen Bereich der bestehenden Straße auf der freien Strecke

Strecke durch einen Überholfahrstreifen beginnen bzw. enden zu lassen. Liegt auf der freien Strecke keine Änderung in der Streckencharakteristik vor, erschließt sich für den Fahrer keinen Grund, warum sich die Markierung ändert.

## 5.7 Straßen der EKL 3

Es wurden sechs Abschnitte von Straßen der EKL 3 analysiert. Deren wichtigsten Gestaltungsmerkmale sind in Tabelle 21 dargestellt.

### 5.7.1 Längen der Streckenabschnitte

Die Streckenzüge der Pilotstrecken haben Längen zwischen  $L = 9,0$  km und  $L = 53,0$  km. Die betrachteten Streckenabschnitte weisen dabei Längen zwischen  $L = 1,7$  km und  $L = 5,7$  km auf. Der prozentuale Längenanteil des betrachteten Abschnittes am Streckenzug beträgt somit zwischen ca. 10,4 % und 58,2 %. Nach dem Forschungsnehmer sind keine Mindestlängen für Abschnitte eines Streckenzuges erforderlich, damit diese kennzeichnungsfähig sind.

### 5.7.2 Festlegung der Entwurfsklasse

Die B 5 hat die Straßenkategorie LS II. Die Pilotstrecke wurde durch den Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg unter Abwägung aller Kriterien (Verkehrsqualität, -sicherheit usw.) der EKL 3 zugeordnet.

Die Pilotstrecken L 136, St 2183 und S 302 sind der Straßenkategorie LS III sowie gemäß ihres DTVs und nach den RAL der EKL 3 zugeordnet.

Die S 294 hat die Straßenkategorie LS IV. Sie weist Verkehrsstärken von ca. 5.000 Kfz/24 h auf. Daher wurde sie durch das Landesamt für Straßenbau



Strecke	BL	Maßnahme	Länge Abs./ Str.-zug [km]	max. DTV [Kfz/24 h]/ SV-Anteil [%]	Betriebsform	Fahrbahnbreite [m]	Linienführung	Knotenpunkte auf dem Abschnitt
B 5	BB	geplanter Ausbau	5,5/53,0	6.000/17,0	allgemein	7,50	teilweise gemäß RAL	plangleich ohne LSA, KV
L 136	ST	geplanter Neubau	KP-bereich	1.843/3,0	allgemein	7,00	k. A.	plangleich ohne LSA
St 2183	BY	realisierter Ausbau	2,5/19,0	3.100/3,6	allgemein	6,50	gemäß RAL	plangleich ohne LSA
S 302	SN	realisierte Deckensanierung	4,5/25,8	1.500/7,5	allgemein	5,90	k. A.	plangleich ohne LSA
S 294	SN	realisierte Deckensanierung	5,7/9,8	4.811/8,2	allgemein	6,50	k. A.	plangleich ohne LSA
L 341	MV	realisierte Deckensanierung	1,7/9,0	1.440/6,5	allgemein	6,00	k. A.	plangleich ohne LSA
BL Abs.	Bundesland	KV k. A.	Kreisverkehr keine Angaben					

Tab. 21: Übersicht über die Pilotstrecken der EKL 3

und Verkehr Sachsens gemäß den Festlegungen nach den RAL der EKL 3 zugeordnet.

Die L 341 entspricht hinsichtlich ihrer Straßenkategorie (LS IV) und ihrer Verkehrsstärke (DTV = 1.440 Kfz/24 h) einer Straße der EKL 4. Der Forschungsnehmer empfahl daher auch dem Straßenbauamt Neustrelitz, die L 341 als Straße der EKL 4 zu kennzeichnen. Das Straßenbauamt entschied jedoch, die Straße aufgrund der vorhandenen bewegten Streckencharakteristik (geringe Radien und Kuppenhalbmesser) nicht mit einer Markierung gemäß EKL 4, sondern gemäß EKL 3 zu kennzeichnen.

### 5.7.3 Betriebsform

Auf allen Pilotstrecken ist allgemeiner Verkehr zugelassen. Auf der B 5 liegt jedoch auch ein straßenbegleitender Geh- und Radweg vor. Dies soll nach dem Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg die Leistungsfähigkeit der Straße erhöhen sowie zur wirtschaftlichen und touristischen Entwicklung der Region beitragen.

### 5.7.4 Querschnitt

Die Fahrbahnbreiten variieren auf den betrachteten Streckenabschnitten zwischen  $B = 5,90$  m und  $B = 7,50$  m. Der Forschungsnehmer empfiehlt, dass die Fahrbahnbreiten mindestens  $B \geq 6,00$  m aufweisen sollten. Dabei haben jedoch befestigte Breiten von  $B < 6,50$  m wegen der schmalen Fahrstreifen sicherheitstechnische Nachteile. Daher sollte bei Breiten zwischen  $6,00 \text{ m} \leq B < 6,50$  m geprüft werden, ob eine Ausbildung als Straße der EKL 4 zweckmäßig ist. Der Prognose-DTV-Wert sollte dabei jedoch unter 3.000 Kfz/24 h liegen.

Die Querschnittsaufteilungen der Pilotstrecken sind in Tabelle 22 dargestellt. Diese wurden von den Straßenbauverwaltungen festgelegt. Die B 5 soll mit einer Fahrbahnbreite von  $B = 7,50$  m ausgebaut werden, damit der vorhandene Baumbestand erhalten bleiben kann. Die Fahrstreifenbreite wird nach der Straßenbauverwaltung auf  $B = 3,25$  m reduziert, um gemäß RAL die Randstreifen mit einer Breite von  $B = 0,50$  m markieren zu können.

An dem Knotenpunkt der L 136 liegen geringe Verkehrsstärken und ein geringer Schwerverkehrsanteil vor. Daher zieht die Straßenbauverwaltung eine Reduzierung der Fahrbahnbreite in Betracht. Da die Fahrstreifenbreiten  $B = 3,00$  m nicht unterschreiten, jedoch die Randstreifenbreiten von  $B = 0,50$  m bei-

Fahrbahn [m]	Randstreifen [m]	Fahrstreifen [m]	Fahrstreifen [m]	Randstreifen [m]	Pilotstrecke
7,50	0,50	3,25	3,25	0,50	B 5
7,00	0,50	3,00	3,00	0,50	L 136
6,50	0,25	3,00	3,00	0,25	St 2183, S 294
< 6,50	< 0,25	3,00	3,00	< 0,25	S 294
6,00	0,25	2,75	2,75	0,25	L 341
5,90	0,20	2,75	2,75	0,20	S 302

Tab. 22: Querschnitte der Pilotstrecken der EKL 3

behalten werden sollen, ist eine Fahrbahnbreite von  $B = 7,00$  m vorgesehen.

Bei der S 294 wurde die Fahrbahnbreite des Bestands von  $B = 6,50$  m beibehalten. Die Fahrstreifenbreiten betragen dabei  $B = 3,00$  m und die Randstreifenbreiten  $B = 0,25$  m. Da die Fahrbahnbreite jedoch stellenweise weniger als  $6,50$  m breit ist, wurden die Randstreifen in diesen Bereichen so reduziert, dass die Fahrstreifen mit jeweils  $B = 3,00$  m konstant bleiben, um ein unruhiges Markierungsbild vermeiden zu können.

Der Querschnitt der St 2183 wurde analog zu den angrenzenden Streckenabschnitten aufgeteilt. Die Straßenbauverwaltung wollte einen Bruch in der Streckencharakteristik vermeiden.

Die Fahrbahnbreite auf der L 341 beträgt  $B = 6,00$  m. Es wurden aufgrund der vorhandenen bewegten Streckencharakteristik eine Leitlinie in Fahrbahnmitte und Fahrbahnbegrenzungslinien markiert. Nach dem Straßenbauamt Neustrelitz ist eine Markierung in Fahrbahnmitte vor allem in geringen Radien und Kuppenhalbmessern von Bedeutung, um den Fahrzeugführer zu leiten. Weiterhin kann so die Markierung aus dem angrenzenden Streckenabschnitt des Landes Brandenburg fortgeführt werden.

### 5.7.5 Linienführung

Auf einigen Pilotstrecken werden die Vorgaben der RAL nicht eingehalten. Dies betrifft in unterschiedlichen Ausprägungen folgende Festlegungen:

- Mindestgeradenlänge zwischen gleichsinnig gekrümmten Radien,
- Relationstrassierung,
- Mindestlänge von Radien,

- Kuppenhalbmesser und Tangentenlängen sowie
- Mindestlängsneigung in Verwindungsbereichen.

Auf der S 302 wurde in Bereichen mit schlechten Sichtverhältnissen durch das Landesamt für Straßenbau und Verkehr Plauen eine Fahrstreifenbegrenzungslinie angeordnet.

Nach der Obersten Baubehörde Bayerns sollte die obere Grenze des Radienbereichs nach den RAL von Straßen der EKL 3 entfallen oder nach oben geschoben werden (STMI, 2015). Bezüglich den RAL sollte diese Thematik jedoch ausschließlich im Zusammenhang mit den Inhalten der RAL diskutiert werden. In Bezug auf Bestandsstraßen und den entsprechenden Festlegungen im M EKLBest ist auch der Forschungsnehmer der Auffassung, dass die obere Grenze des Radienbereichs entfallen kann. In diesen Größenordnungen hat die Radiengröße keinen Einfluss mehr auf das Geschwindigkeitsverhalten (LIPPOLD, 1997). Im Allgemeinen sollten im M EKLBest für Straßen der EKL 3 keine Anforderungen hinsichtlich der Linienführung definiert werden.

### 5.7.6 Knotenpunkte

Mit Ausnahme der B 5, die einen Kreisverkehr aufweist, haben alle betrachteten Streckenabschnitte plangleiche Knotenpunkte ohne LSA. Der geplante Knotenpunkt der L 136 mit der Gewerbeerschließungsstraße (LS IV) wird aufgrund der vorhandenen geringen Verkehrsstärken und der geplanten Fahrbahnbreite von  $B = 7,00$  m mit dem Linksabbiegetyp LA 3 umgesetzt. Dies wurde durch die Landesstraßenbaubehörde Sachsen-Anhalt in Abstimmung mit dem Forschungsnehmer festgelegt. Die Knotenpunkte der St 2183 werden weitgehend nach den RAL ausgebildet. Das Staatliche Bauamt Bayreuth hat festgelegt, dass der Linksabbiegestreifen

auf  $B = 3,00$  m reduziert wird, da für die St 2183 ein RQ 9,5 vorgesehen ist.

### 5.7.7 Übergangsbereiche

Die Übergangsbereiche der Pilotstrecken zum Bestand befinden sich an Knotenpunkten, an Ortstafeln von Ortschaften und auf der freien Strecke (Ende der Deckenerneuerung).

## 5.8 Straßen der EKL 4

Es wurden 16 Abschnitte von Straßen der EKL 4 analysiert. Deren wichtigsten Gestaltungsmerkmale sind in Tabelle 23 dargestellt.

### 5.8.1 Längen der Streckenabschnitte

Die Streckenzuglängen der Pilotstrecken betragen zwischen ca.  $L = 3,0$  km und  $L = 15,0$  km. Die betrachteten Streckenabschnitte weisen Längen zwischen  $L = 1,3$  km und  $L = 5,0$  km auf. Der Anteil der betrachteten Abschnitte am gesamten Streckenzug liegt zwischen ca. 13 % und ca. 84 %. Nach dem Forschungsnehmer sind keine Mindestlängen für Abschnitte eines Streckenzuges erforderlich, damit diese kennzeichnungsfähig sind.

### 5.8.2 Festlegung der Entwurfsklasse

Mit Ausnahme der K 50 und der L 573 sind alle Pilotstrecken der Straßenkategorie LS IV zugeordnet.

Die Pilotstrecken K 50, L 573, K 3 und K 7730 waren Untersuchungsstrecken des Forschungsprojektes FE 82.335/2007/AGB „Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen“ (SCHLAG u. a., 2013). Auf diesen wurden mögliche EKL 4-Markierungen untersucht. Die Entwurfsklassen der Pilotstrecken wurden im Rahmen des Projektes festgelegt. Es wurde im Vorfeld des Projektes keine Bestimmung der Straßenkategorie vorgenommen.

Durch die Straßenbauverwaltungen wurden die Pilotstrecken K 8240, K 8239, K 8217, K 8216, S 47, L 38, K 18, S 20 und K 9238 gemäß ihrer Straßenkategorie sowie ihres DTVs und den Festlegungen nach den RAL der EKL 4 zugeordnet.

Die K 6908 hat eine Verkehrsstärke von  $DTV = 3.800$  Kfz/24 h. Nach den RAL ist bei einem DTV von  $> 3.000$  Kfz/24 h zu prüfen, ob ein Entwurf nach den Vorgaben der EKL 3 zweckmäßig ist. Dies erfolgte für die K 6908 durch das Landratsamt Belzig. Bei dem realisierten Ausbau sollten die Eingriffe in Natur, Umwelt, Grunderwerb und Bodendenkmale minimiert werden. Daher sollte ein bestandsnaher Ausbau erfolgen. Im Ergebnis legte das Landratsamt Belzig für die K 6908 die EKL 4 als maßgebende Entwurfsklasse fest.

Unter anderem nach der Straßenbauverwaltung des Freistaates Thüringen sollten vor allem aus finanziellen Gründen Straßen mit der Straßenkategorie LS III, die sehr geringe Verkehrsstärken aufweisen, als Straßen der EKL 4 gestaltet werden können. Daher sieht der Freistaat Thüringen vor, hierfür einen eigenen Grenzwert von z. B.  $DTV = 3.000$  Kfz/24 h einzuführen. Für die Festlegung des Grenzwertes wird dabei noch eine Angabe über die Verkehrsstärke benötigt, bis zu der der RQ 9 sicher und leistungsfähig ist (TLBV, 2015). Der Forschungsnehmer befürwortet, dass Straßen mit der Straßenkategorie LS III als Straßen der EKL 4 gekennzeichnet werden können, wenn sehr geringe Verkehrsstärken vorliegen und wenn die Streckencharakteristik einer EKL 4 entspricht.

### 5.8.3 Betriebsform

Auf allen Pilotstrecken ist allgemeiner Verkehr zugelassen. Auf der K 6908 wird der Fußgänger- und Radverkehr aufgrund der hohen touristischen Bedeutung des Planungsraums auf einem gesonderten Geh- und Radweg geführt.

### 5.8.4 Querschnitt

Die Pilotstrecken weisen Fahrbahnbreiten zwischen  $B = 4,50$  m und  $B = 6,60$  m auf.

Im Landkreis Sigmaringen (Baden-Württemberg) weisen die Straßen, die der EKL 4 zugeordnet werden können, z. T. Fahrbahnbreiten von mindestens  $B = 6,50$  m auf. In dem Landkreis war früher die Bundeswehr sehr aktiv. Daher mussten die Straßen an die Breiten der Bundeswehrfahrzeuge angepasst werden.

Die Fahrbahnbreite der L 38 weist eine Breite von  $B = 4,50$  m auf. Der Landesbetrieb Straßenbau NRW hat aufgrund der geringen Fahrbahnbreite keine

Strecke	BL	Maßnahme	LS	Länge Abs./ Str.-zug [km]	max. DTW/ SV-Anteil [Kfz/24 h]	Betriebs- form	Fahrbahn- breite [m]	Linienführung	Knotenpunkte auf dem Abschnitt
K 50	NRW	Pilotstrecke aus SCHLAG u. a. (2013)	III	2,4/7,0	1.500/90	allgemein	6,00	k. A.	plangleich ohne LSA
L 573	NRW	Pilotstrecke aus SCHLAG u. a. (2013)	III	2,7/9,0	1.200/72	allgemein	5,50	k. A.	plangleich ohne LSA
K 6908	BB	realisierter Ausbau	IV	1,8/4,4	3.800/304	allgemein	6,00	gemäß RAL	plangleich ohne LSA
K 8240, Abs. 1	BW	realisierte Ummarkierung	IV	3,2/10,0	1.600/22	allgemein	6,50	k. A.	-
K 8240, Abs. 2	BW	realisierte Ummarkierung	IV	1,3/10,0	1.600/53	allgemein	5,50 bis 6,60	nicht nach RAL	plangleich ohne LSA
K 8239	BW	realisierte Ummarkierung	IV	2,7/9,7	600/34	allgemein	5,00 bis 5,50	nicht nach RAL	plangleich ohne LSA
K 8217	BW	realisierte Ummarkierung	IV	2,0/5,7	1.025/36	allgemein	5,80 bis 6,00	nicht nach RAL	-
K 8216	BW	realisierte Deckensanierung	IV	2,6/3,1	800/22	allgemein	5,50 bis 6,50	überwiegend gemäß RAL	plangleich ohne LSA
S 47	SN	realisierte Deckensanierung	IV	2,8/9,0	987/64	allgemein	5,00 bis 5,50	nicht nach RAL	plangleich ohne LSA
L 38	NRW	geplante Deckensanierung	IV	1,95/4,7	494/5	allgemein	4,50	k. A.	plangleich ohne LSA
K 18	NRW	realisierte Deckensanierung	IV	3,5/5,8	2.200/79	allgemein	5,50	sehr angepasst	plangleich ohne LSA
S 20	SN	realisierte Deckensanierung	IV	2,0/15,0	333/37	allgemein	6,15 bis 6,30	k. A.	plangleich ohne LSA
K 9238	SN	realisierte Deckensanierung	IV	3,5/5,5	736/42	allgemein	6,50	k. A.	plangleich ohne LSA
K 3	NRW	Pilotstrecke aus SCHLAG u. a. (2013)	IV	5,0/8,0	1.700	allgemein	5,00	k. A.	plangleich ohne LSA
K 7730, Abs. 1	SN	Pilotstrecke aus SCHLAG u. a. (2013)	IV	1,7/4,5	k. A.	allgemein	5,50	nicht nach RAL	-
K 7730, Abs. 2	SN	Pilotstrecke aus SCHLAG u. a. (2013)	IV	2,3/4,5	k. A.	allgemein	6,00	nicht nach RAL	plangleich ohne LSA
BL Abs.	Bundesland Abschnitt	k. A. keine Angaben							

Tab. 23: Übersicht über die Pilotstrecken der EKL 4

EKL 4-Markierung aufgebracht, sondern ausschließlich durchgehende Linien zur Fahrbahnbegrenzung. Aus Sicht des Forschungsnehmers ist auch eine Markierung als Straße der EKL 4 bei Fahrbahnbreiten von  $B = 4,50$  m möglich. Dies ist jedoch die untere Grenze, bei der noch eine Kennzeichnung als Straße der EKL 4 zweckmäßig ist. Daher wurde durch den Forschungsnehmer die Markierung der durchgehenden Fahrbahnbegrenzungslinien befürwortet.

Rheinland-Pfalz hat einen sehr hohen Anteil an Landstraßen, die Fahrbahnbreiten von  $B < 5,0$  m aufweisen. Dies sind ehemalige Forst- und Wirtschaftswege. Die RAL wird im Bestand bei derartigen Straßen aus wirtschaftlichen Gründen nicht angewendet. Eine Fahrbahnverbreiterung wird als nicht sinnvoll erachtet, da diese Straßen durch geringe Verkehrsstärken und ein geringes Unfallgeschehen geprägt sind. Daher wurde bei der Einführung der RAL der Querschnitt der EKL 4 ausgeschlossen (Kapitel 5.1) und die „Hinweise zum Einsatz schmaler Querschnitte“ (HSQ; Kapitel 5.2) erarbeitet. Der Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz wünscht sich dennoch, dass im M EKL-Best eine Mindestfahrbahnbreite für die Kennzeichnung von Straßen als Straße der EKL 4 angegeben wird, um den Anwendungsbereich der HSQ genauer festlegen zu können. Weiterhin sollen genaue Festlegungen zu dem Anwendungsgebiet von verkehrsrechtlichen Maßnahmen definiert werden, welche dem Planer als Argumentationsgrundlage dienen können.

Der Forschungsnehmer empfiehlt, dass Straßen der EKL 4 des Bestandsnetzes Breiten zwischen  $4,50 \text{ m} \leq B < 6,50 \text{ m}$  aufweisen sollten. Straßen mit Fahrbahnbreiten von  $B \geq 6,50 \text{ m}$  sollten nicht nach EKL 4, sondern nach EKL 3 markiert werden.

In Tabelle 24 sind die Querschnittsaufteilungen der Pilotstrecken dargestellt.

Die Markierung der K 6908 wurde durch das Landratsamt Belzig gemäß den Festlegungen der RAL angeordnet.

Da die Pilotstrecken K 50, L 573, K 3 und K 7730 Untersuchungsstrecken des Forschungsprojektes VON SCHLAG u. a. (2013) waren, wurde im Rahmen des Projektes festgelegt, wie die Querschnittsaufteilung erfolgen sollte.

Die Entscheidung über die Querschnittsaufteilung der Pilotstrecke S 20 wurde ausschließlich durch

Fahrbahn [m]	Abstand Leitlinie - Fahrbahnrand [m]	Abstand zw. den Leitlinien [m]	Pilotstrecke
6,60	0,80	5,00	K 8240
6,50	0,75	5,00	K 8240, K 8216, K 9238
6,30	0,65	5,00	S 20
6,15	0,57	5,00	S 20
6,00	1,00	4,00	K 50, K 7730
6,00	0,50	5,00	K 6908, K 8217
5,80	0,40	5,00	K 8217
5,50	0,25	5,00	K 8240, K 8216
5,50	0,50	4,50	K 8239, K 18, K 7730
5,50	0,75	4,00	S 47
5,50	1,00	3,50	L 573
5,00	1,00	3,00	K 3
5,00	0,25	4,50	K 8239
5,00	0,50	4,00	S 47

Tab. 24: Querschnitte der Pilotstrecken der EKL 4

das Landesamt für Straßenbau und Verkehr Sachsens getroffen.

Bei den Pilotstrecken aus dem Landkreis Sigmaringen (K 8240, K 8239, K 8217, K 8216) hat sich das Landratsamt Sigmaringen bei den Festlegungen zu den möglichen Querschnittsaufteilungen an den Vorgaben des M EKLBest orientiert. Im Ergebnis wurde festgelegt, dass die Streckenabschnitte mit Fahrbahnbreiten von  $B \geq 5,50 \text{ m}$  wie folgt aufgeteilt werden sollten:

- Fahrstreifenbreite:  $B = 5,00 \text{ m}$  und
- Randstreifenbreite:  $B \geq 0,25 \text{ m}$ .

Weiterhin sollten die Querschnittselemente bei Fahrbahnbreiten von  $B < 5,50 \text{ m}$  folgende Breiten aufweisen:

- Fahrstreifenbreite:  $B = 4,50 \text{ m}$  und
- Randstreifenbreite:  $B \geq 0,25 \text{ m}$ .



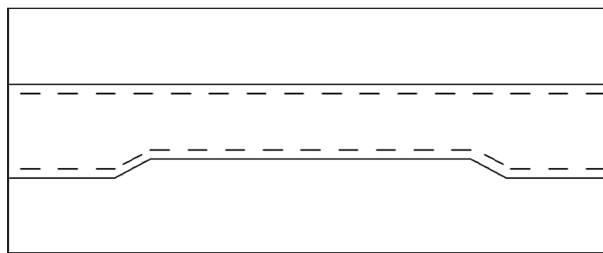
Diese Festlegungen wurden im Rahmen eines gemeinsamen Termins zwischen dem Landratsamt, der Straßenmeisterei, der Polizeidirektion, der Stadtverwaltung und dem Forschungsnehmer diskutiert und befürwortet. Dabei wurde vor allem diskutiert, wie die Markierung als Straße der EKL 4 auf Straßen mit Fahrbahnbreiten von  $B > 6,00$  m erfolgen sollte, da nach den RMS ab einer Fahrbahnbreite von  $B = 5,50$  m eine Markierung in Fahrbahnmittelpunkt erforderlich ist. Bei der Diskussion wurden auch die vorhandenen Verkehrsstärken mit betrachtet. Diese sind mit  $DTV = 800$  Kfz/24 h bis  $1.600$  Kfz/24 h sehr gering. Trotz der breiten Straßen wurde sich u. a. aufgrund der geringen Verkehrsstärken für die Gestaltung als Straße der EKL 4 entschieden.

Das Landesamt für Straßenbau und Verkehr Sachsens hat für den Streckenabschnitt der S 47 vor dessen Kennzeichnung einen Markierungs- und Beschilderungsplan aufgestellt. Dieser wurde mit dem Forschungsnehmer abgestimmt und u. a. im Bereich der Markierung der Knotenpunkte optimiert, bevor er umgesetzt wurde.

Für die Pilotstrecken K 18 und K 9238 wurden den jeweiligen Straßenbauverwaltungen von dem Forschungsnehmer Vorschläge für die Kennzeichnung gemacht. Diese wurden befürwortet und umgesetzt.

Die Bankettbreiten der Pilotstrecken liegen zwischen  $B = 0,75$  m und  $B = 2,00$  m. Auf der K 6908 liegt in einzelnen Abschnitten ein  $0,50$  m breiter gepflasterter Randstreifen und ein Hochbord anstelle des Banketts vor.

Bei variierenden Fahrbahnbreiten im Zuge eines Streckenabschnittes einer Straße der EKL 4 empfiehlt das Landratsamt Sigmaringen den Abstand zwischen den Leitlinien konstant zu halten und den Abstand zwischen den Leitlinien und dem Fahrbahnrand zu variieren. Da auf einigen Pilotstrecken die Fahrbahnbreiten stark schwanken (z. B: K 8240,  $B = 5,50$  m bis  $6,60$  m), variiert der Abstand zwischen den Leitlinien und dem Fahrbahnrand sehr ( $B = 0,25$  m bis  $0,80$  m). Er unter- bzw. überschreitet somit die nach den RAL vorgesehenen  $B = 0,50$  m stark. Der Forschungsnehmer befürwortet daher die Empfehlung des Landratsamtes Sigmaringen nur teilweise. Bei der Festlegung der Querschnittsaufteilung sollte berücksichtigt werden, innerhalb von welchen Abständen sich die Fahrbahnbreiten in welchem Maß ändern. Nach dem Forschungsnehmer sollte somit innerhalb von kurzen Abschnitten



**Bild 49:** Markierung an Engstellen

bei variierenden Fahrbahnbreiten die geringste Fahrbahnbreite für die Lage der Leitlinien maßgebend sein. Der Abstand der Leitlinie zum Rand der befestigten Fläche soll dabei  $B = 0,50$  m betragen. Der sich daraus ergebende Abstand zwischen den Leitlinien ist für den kurzen Abschnitt insgesamt maßgebend, um ein ruhiges Markierungsbild zu erhalten.

Im Bestandsnetz können auf Straßen der EKL 4 auch Engstellen vorkommen. Der Forschungsnehmer empfiehlt, dass dabei die Markierung in diesem Bereich durchgezogen werden sollte. Unmittelbar vor der Engstelle sollte die Leitlinie abrupt verzogen werden, so dass sie an der Engstelle in einem Abstand von  $0,50$  m zum Fahrbahnrand liegt (Bild 49). Die Engstelle sollte ggf. auch mit Z 120 „Verengte Fahrbahn“, Z 121-10 „Einseitig rechts verengte Fahrbahn“ oder Z 121-20 „Einseitig links verengte Fahrbahn“ StVO beschildert werden.

Die Straßenbauverwaltungen haben sich weiterhin mit der sicheren Führung des Radverkehrs bei beengten Straßenverhältnissen beschäftigt. Sie haben eine Verbreiterung des Abstandes zwischen den Leitlinien und dem Fahrbahnrand mit einer Breite von  $B = 1,00$  m vorgeschlagen. Dies findet der Forschungsnehmer nicht sinnvoll. Der Abstand sollte stets eine Breite von  $B = 0,50$  m aufweisen.

### 5.8.5 Linienführung

Es werden folgende Vorgaben nach den RAL bzgl. der Trassierungsparameter nicht eingehalten:

- Mindestradius,
- empfohlener Radienbereich,
- Relationstrassierung,
- max. Längsneigung,
- empfohlene Halbmesser und
- Mindestlängen der Halbmesser.

Daher wurden auf einigen Pilotstrecken die zulässige Höchstgeschwindigkeit reduziert und/oder flankierende verkehrstechnische Maßnahmen angeordnet. Zum Beispiel werden auf der K 6908 die nach den RAL vorgegebenen Festlegungen zum Mindestradius und den Radienrelationen aufgrund von bestehenden Zwangspunkten nicht durchgängig eingehalten. Weiterhin kann die erforderliche Haltesichtweite in zwei Abschnitten nicht eingehalten werden. Daher wurde in diesen Abschnitten die zulässige Höchstgeschwindigkeit reduziert.

Die Linienführung der K 18 ist sehr angepasst. Aus der Unfallanalyse geht hervor, dass es vor allem in den Kurvenbereichen zu Fahrurfällen, bei denen Motorradfahrer beteiligt sind, kommt. Daher wurden verkehrsrechtliche Maßnahmen zur Verdeutlichung der Gefahrenstellen angeordnet.

### 5.8.6 Knotenpunkte

Alle Pilotstrecken weisen plangleiche Knotenpunkte ohne LSA auf.

Die Oberste Baubehörde Bayerns (STMI, 2015) und die Polizei des Landkreises Sigmaringen (Baden-Württemberg) sehen die Knotenpunktgestaltung gemäß Bild 82 der RAL kritisch. Die Fahrzeuge der untergeordneten Straße können sich im Bereich zwischen der Leitlinie und dem Fahrbahnrand der übergeordneten Straße aufstellen, der von den Fahrzeugen der übergeordneten Straße genutzt werden darf. Dadurch kann es zu Kollisionen zwischen den Fahrzeugen kommen. Die Polizei wünscht sich eine sicherere Gestaltung. Auch aus Sicht des Forschungsnehmers sollte die fahrbahnseitige Kante der Blockmarkierung in Verlängerung des Randes der befestigten Fläche liegen.

Am KP K 7730/K 7740 ist keine Markierung nach den RAL angeordnet. Die Zufahrt der K 7740 ist mit einer Blockmarkierung gekennzeichnet. Weiterhin ist die Leitlinie der K 7730 unterbrochen (Bild 50). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die K 7730 eine Untersuchungsstrecke des Forschungsprojektes von SCHLAG u. a. (2013) war. Die Festlegungen zur Kennzeichnung des Knotenpunktes wurden im Rahmen des Projektes getroffen. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich die RAL noch in Bearbeitung.

Auf einigen Pilotstrecken, wie z. B. auf der S 47, sind die Einmündungen mit Gemeindeverbindungsstraßen (LS V) mit einer Blockmarkierung und der



Bild 50: Markierung KP K 7730/K 7740 (SCHLAG u. a., 2013)



Bild 51: Markierung KP S 47/Gemeindeverbindungsstraße



Bild 52: Kreuzungsbereich S 47/Geh- und Radweg

dazugehörigen Beschilderung (Z 205 und Z 306 StVO) gekennzeichnet (Bild 51). Im KP 4 der K 3 ist in der untergeordneten Straße zusätzlich eine Haltlinie angeordnet. Der Forschungsnehmer befürwortet die Anordnung einer Blockmarkierung mit der entsprechenden Beschilderung.

Die S 47 wird von einem Geh- und Radweg gekreuzt. Dabei wird durch das Zeichen Z 138-10 StVO mit dem Zusatzzeichen Zz 1000-30 StVO auf den Kreuzungsbereich zwischen der S 47 und dem





**Bild 53:** Bushaltestelle auf der K 6908 im Knotenpunktbereich



**Bild 54:** Gestaltung einer Feldzufahrt im Zuge der K 8239



**Bild 55:** Markierung eines asphaltierten Wirtschaftsweges mit niederrangiger Bedeutung im Zuge der K 8217

Geh- und Radweg hingewiesen. In diesem Bereich wird die Markierung der S 47 durchgezogen. Auf dem Geh- und Radweg wird die Wartepflicht über eine Wartelinie nach den RMS (FGSV, 1993) sowie die Zeichen Z 205 und Z 240 StVO mit dem Zusatzzeichen Zz 1000-31 StVO verdeutlicht. Kurz vor dem Kreuzungsbereich wird der Geh- und Radweg durch einen durchgezogenen Schmalstrich und durch Poller in zwei Fahrtrichtungen aufgeteilt. Da der Geh- und Radweg vorrangig touristischen Zwecken sowie Freizeiträdlern und -skatern dient, wird



**Bild 56:** Markierung eines asphaltierten Wirtschaftsweges mit höherrangiger Bedeutung im Zuge der K 8217

die Nichterkennbarkeit der Poller bei Nacht durch die Straßenbauverwaltung als nachrangig bewertet. Die Kennzeichnung dieses Bereiches wurde zwischen der Straßenbauverwaltung und dem Forschungsnehmer abgestimmt.

Auf der K 6908 liegt in einem Knotenpunktbereich eine Bushaltestelle vor. Diese ist nicht noch einmal gesondert markiert (Bild 53).

Von den Straßenbauverwaltungen werden sich im M EKLBest konkrete Varianten zur Gestaltung der Zufahrten von Wirtschaftswegen und Grundstücken gewünscht. Auf den Pilotstrecken wurden von den Straßenbauverwaltungen drei verschiedene Markierungen je nach Bedeutung gewählt:

- Kies- und Schotterwege, Feld- und Grundstückszufahrten, Ausweichstellen: keine Markierung (Bild 54),
- asphaltierte Wirtschaftswege mit niederrangiger Bedeutung: durchgezogener Schmalstrich (Bild 55) und
- asphaltierte Wirtschaftswege mit höherrangiger Bedeutung: Blockmarkierung und entsprechende Beschilderung (Bild 56).

Auf der S 47 und der K 9238 sind jedoch auch die befestigten Feldzufahrten mit einem durchgezogenen Schmalstrich gekennzeichnet (Bild 57). Weiter-



**Bild 57:** Befestigte Feldzufahrt der S 47



**Bild 58:** Grundstückszufahrt im Zuge der K 9238



**Bild 59:** Bushaltestelle im Zuge der K 18

hin sind auf der K 9238 Grundstückszufahrten mit einem durchgezogenen Breitstrich markiert (Bild 58).

In einigen Straßenbauverwaltungen wurde auch diskutiert, asphaltierte Wirtschaftswegen mit niederrangiger Bedeutung mit einer Leitlinie in Verlängerung zum Fahrbahnrand oder um ca. 1,00 m abgesetzt zu markieren. Nach dem Forschungsnehmer ist es jedoch nicht sinnvoll, in der Zufahrt des Wirtschaftsweges eine Wartelinie anzuordnen. Diese sind nach StVO (2013) und nach VwV-StVO (1998) u. a. nur in Verbindung mit dem Zeichen Z 205 „Vorfahrt gewähren.“ oder einer LSA zulässig.

Es stand in den Verwaltungen auch zur Diskussion, in der Zufahrt des Wirtschaftsweges in Verlänge-



**Bild 60:** Phantommarkierungen (Leitlinie in der Fahrbahnmitte) auf der K 8240

rung zum Fahrbahnrand eine Pflasterung anzuordnen. Dies ist aus Sicht des Forschungsnehmers jedoch aus baulichen und wirtschaftlichen Gründen nicht sinnvoll.

Zusammenfassend empfiehlt der Forschungsnehmer, wenn Einmündungen von Wirtschaftswegen mit Verkehrszeichen geregelt werden sollen, sind die Zeichen Z 205 (Vorfahrt gewähren.) oder Z 206 (Halt. Vorfahrt gewähren.) und eine Blockmarkierung in Verlängerung des Randes der befestigten Fläche anzuordnen. Es kann jedoch auch in anderen Fällen sinnvoll sein, den Bereich der Zufahrt mit einer zusätzlichen Markierung zu verdeutlichen, wie z. B. durch einen Schmalstrich in Verlängerung zum Fahrbahnrand.

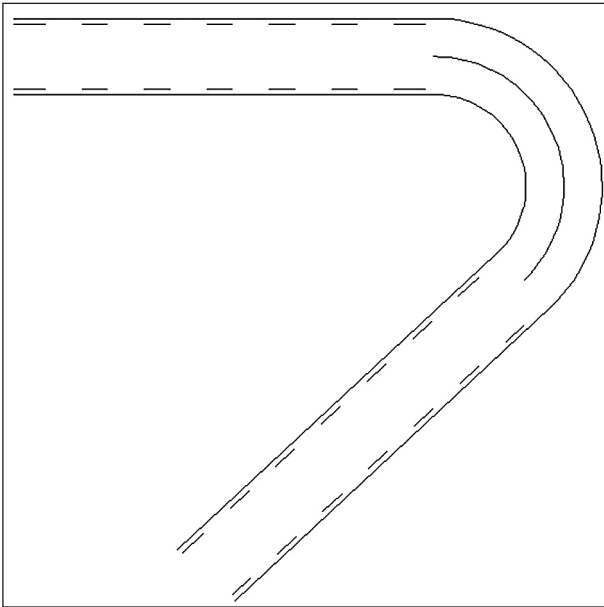
Auf dem betrachteten Abschnitt der K 18 befindet sich eine Bushaltestelle. Diese wurde durch die Straßenbauverwaltung mit einem durchgezogenen Breitstrich in Verlängerung zum Fahrbahnrand gekennzeichnet (Bild 59). Der Forschungsnehmer befürwortet dies, wobei auch die Anordnung eines Schmalstrichs in Verlängerung zum Fahrbahnrand als zweckmäßig angesehen wird.

### 5.8.7 Markierung

Die Straßenbauverwaltungen haben darauf hingewiesen, dass bei einer Ummarkierung der Straße die Gefahr besteht, dass Teile der alten Markierung (z. B. die Leitlinie in der Fahrbahnmitte) als „Phantommarkierung“ wirken können (Bild 60). Sie empfehlen im M EKLBest darauf zu verweisen. Diese Problematik ist aus Sicht des Forschungsnehmers jedoch nicht für das M EKLBest relevant und sollte in den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und in den Richtlinien für Markierungen auf Straßen (ZTV M 13; FGSV, 2013) geregelt werden.

Weiterhin wurde in den Straßenbauverwaltungen über die Markierung in engen Kurven auf Straßen





**Bild 61:** Markierung in engen Kurven



**Bild 62:** Übergang der K 6908 an der Ortstafel Petzow

der EKL 4 diskutiert, die einen hohen Anteil an Motorradfahrern aufweisen. Es wurde vorgeschlagen, in der Kurve die EKL 4-Markierung zu unterbrechen und eine durchgezogene Fahrstreifenbegrenzungslinie in Fahrbahnmitte aufzubringen (Bild 61). Nach dem Forschungsnehmer ist dies nicht sinnvoll. Es sollten Einzelfallentscheidungen getroffen werden. Wird eine Fahrstreifenbegrenzungslinie befürwortet, sollte keine EKL 4-Markierung erfolgen und das Merkblatt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken (MVMot; FGSV, 2007) angewendet werden.

### 5.8.8 Übergangsbereiche

Auf den Pilotstrecken erfolgt der Übergang zum Bestand an Ortstafeln, Knotenpunkten und auf der freien Strecke.

Die Markierungen enden überwiegend direkt an den Ortstafeln (Bild 62). Bei einigen Strecken ha-



**Bild 63:** Übergang der K 8240 innerorts an Bordsteinen



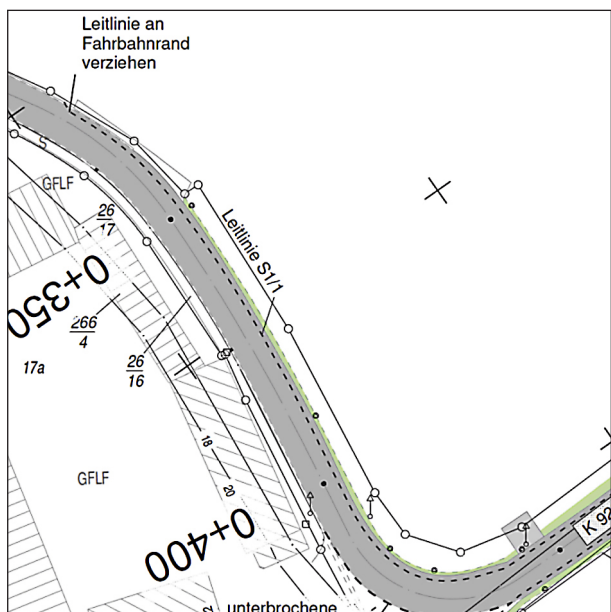
**Bild 64:** Übergang außerorts der K 18 am plangleichen Knotenpunkt

ben die Straßenbauverwaltungen entschieden, die Markierungen in die Ortschaften hinein zu ziehen bzw. kurz nach der Ortstafel beginnen zu lassen. An diesen Stellen befinden sich z. B. Knotenpunkte oder der Beginn bzw. das Ende der Bebauung bzw. der Gehwege, die nach den Straßenbauverwaltungen deutlichere Brüche in der Streckencharakteristik als Ortstafeln darstellen (Bild 63, Bild 64). Der Übergang zwischen den Markierungen erfolgt direkt. Auf der K 9238 wurde die Markierung innerorts über den KP hinaus noch einseitig um die nächste Kurve geführt und anschließend verzogen (Bild 65). Nach dem Forschungsnehmer sollte jedoch ausschließlich die Ortstafel die Grenze zwischen den Markierungen innerorts und außerorts darstellen.

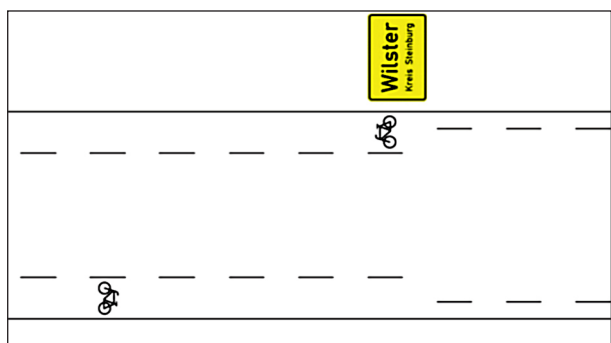
In den Straßenbauverwaltungen stellte sich auch die Frage nach der Gestaltung des Übergangsbereiches zwischen einem Radschutzstreifen innerorts und der EKL 4-Markierung außerorts. Nach dem Forschungsnehmer sollte ein direkter Übergang nach dem in Bild 66 dargestellten Gestaltungsvorschlag erfolgen.

Auf den Pilotstrecken erfolgt der Übergang zum Bestandsnetz z. T. auch an Knotenpunkten. Die Kennzeichnung der Knotenpunkte ist dabei größtenteils gemäß den Festlegungen nach den RAL.





**Bild 65:** Markierungsplan Knotenpunkt K 9238/K 7271 (LAND-RATSAMT BAUTZEN)



**Bild 66:** Gestaltungsvorschlag für den Übergang Schutzstreifen innerorts – EKL 4-Markierung



**Bild 67:** Übergangsbereich am KP K 50/L 896 (SCHLAG u. a., 2013)

Die K 50 und die K 3 kreuzen jeweils eine übergeordnete Straße, auf der ein fahrbahnbegleitender Radweg angeordnet ist. Daher wurde im Rahmen des Projektes von SCHLAG u. a. (2013) in den Zufahrten der untergeordneten Straßen zusätzlich eine Haltlinie markiert (Bild 67).



**Bild 68:** Übergangsbereich am KP K 7730/S 184 (SCHLAG u. a., 2013)



**Bild 69:** Übergangsbereich am KP L 573/K 59 (SCHLAG u. a., 2013)

Bei der K 7730 ist in der Zufahrt zunächst auf ca. 25 m eine Fahrstreifenbegrenzungslinie und darauf folgend eine Leitlinie markiert. Im Anschluss beginnt erst die Markierung entsprechend Straßen der EKL 4 (Bild 68). Dies wurde im Rahmen des Projektes von SCHLAG u. a. (2013) festgelegt.

An den Übergangsbereichen der L 573 schließt die Markierung als Straße der EKL 4 direkt an Fahrbahnbegrenzungslinien an. Nach ca. 25 m ist zusätzlich eine Leitlinie in Fahrbahnmitte markiert, die auf den nachfolgenden KP hinführt (Bild 69). Dies wurde auch im Rahmen des Projektes von SCHLAG u. a. (2013) festgelegt.

Auf der K 8239 erfolgt der Übergang auch an einem Knotenpunkt. Da die Straße mit einer Fahrbahnbreite von  $B = 5,00$  m bis  $B = 5,50$  m sehr schmal ist, endet die Markierung 50 m vor dem Knotenpunkt K 8239/L 286. Dadurch soll vermieden werden, dass sich die Fahrzeugfahrer in Fahrbahnmitte aufstellen (Bild 70). Dies erfolgte durch die Straßenbauverwaltung in Abstimmung mit dem Forschernehmer.



**Bild 70:** Übergang der K 8239 am plangleichen Knotenpunkt



**Bild 71:** Übergang der S 20 nach einem plangleichen KP



**Bild 72:** Übergangsbereich der K 8216 auf der freien Strecke



**Bild 73:** Übergangsbereich auf der K 7730 auf der freien Strecke (SCHLAG u. a., 2013)

Der Übergang zum Bestand erfolgt auf der S 20 nach einem plangleichen Knotenpunkt. Dieser ist ohne Verziehung, d. h. direkt ausgebildet (Bild 71).

Das Landratsamt Sigmaringen (Baden-Württemberg) befürwortet den Übergang der Markierung der

Straßen der EKL 4 zu der bestehenden Markierung auf der freien Strecke. Der Übergang erfolgt dabei direkt, d. h. ohne Verziehung. Dies hat hinsichtlich der Finanzierung Vorteile, da so die Strecken abschnittsweise ummarkiert werden können. Bei der K 8216 wurde darauf geachtet, dass der Übergang an einer Zäsur in der Streckencharakteristik erfolgt. Diese stellen den Übergang zwischen der alten und der neuen Fahrbahndecke sowie die einmündenden Wirtschaftswege dar (Bild 72). Auf der K 7730 erfolgt der Übergang auf der freien Strecke nicht an einer Zäsur in der Streckencharakteristik. An der Übergangsstelle befindet sich die Landesgrenze (Bild 73). Der Forschungsnehmer befürwortet, dass Straßen der EKL 4 auf freier Strecke in den Bestand übergehen können.

## 5.9 Änderungs-, Ergänzungs- und Textvorschläge für das M EKLBest

Aus den Ergebnissen der Fachgespräche mit den Straßenbauverwaltungen und den durchgeführten Untersuchungen wurden Änderungs- und Ergänzungsvorschläge für das M EKLBest abgeleitet. Die wesentlichen Punkte werden im Folgenden aufgezählt. Die für das M EKLBest erarbeiteten Textvorschläge sind dem Anhang 19 zu entnehmen.

### 5.9.1 Änderungs- und Ergänzungsvorschläge für das M EKLBest

Im Allgemeinen zitiert das M EKLBest die Inhalte der RAL sehr umfangreich. Dadurch wirkt das Merkblatt wie ein eigenständiges Regelwerk. Das Ziel des Merkblatts sollte jedoch sein, ergänzend zu den RAL angewendet zu werden.

Das M EKLBest gliedert sich in folgende zehn Kapitel, für die im Folgenden die Änderungs- und Ergänzungsvorschläge des Forschungsnehmers beschrieben werden:

- Einführung,
- Prinzip der Entwurfsklassen nach den RAL,
- Strategie bei der Anpassung bestehender Straßen,
- Anforderungen an die Teilstrecken eines Netzabschnittes im Hinblick auf die Kennzeichnung als Straße einer Entwurfsklasse,
- Zuordnung der Teilstrecke eines Netzabschnittes zu einer Entwurfsklasse,
- Anpassung der Straßenquerschnitte,



- Anpassung der Linienführung,
- Anpassung von Knotenpunkten,
- Anpassung der Ausstattung und
- Einbindung der um-/ausgebauten Streckenzüge in das Bestandsnetz.

Grundsätzlich wird empfohlen, die Gliederung beizubehalten. Das Kapitel „Zuordnung der Teilstrecke eines Netzabschnittes zu einer Entwurfsklasse“ sollte jedoch aus Gründen entfallen, die im Folgenden noch genauer beschrieben werden. Weiterhin sollte die Struktur und der Inhalt innerhalb der Kapitel optimiert werden, um die Anwendung des M EKLBest zu erleichtern.

### „Einführung“

Das erste Kapitel „Einführung“ gibt bereits fast alle wichtigen Informationen wieder. Es sollte jedoch an manchen Stellen umformuliert werden, da einzelne Inhalte nicht so eindeutig zum Ausdruck kommen, wie sie sollten. Dies betrifft z. B. die Abgrenzung des M EKLBest zur RAL bzw. den Anwendungsbereich des M EKLBest. Weiterhin sollte das Kapitel um den Geltungsbereich des M EKLBest ergänzt werden. Im Ergebnis sollte das Kapitel zur Einführung analog zu den Regelwerken der FGSV nach Inhalt, Zweck und Geltungsbereich gegliedert werden.

### „Prinzip der Entwurfsklassen nach den RAL“

Das M EKLBest zitiert in dem zweiten Kapitel die RAL zu deren Prinzip der Entwurfsklassen. Dabei werden die Straßenkategorie, die Entwurfsklassen und deren Gestaltungsmerkmale erläutert. Die Inhalte des Kapitels sind nicht mit dem endgültigen Stand der RAL konform, da das M EKLBest während der Bearbeitungszeit der RAL entstand. Daher sind die Inhalte des zweiten Kapitels zunächst an den endgültigen Stand der RAL anzupassen. Weiterhin sind so umfangreiche Erläuterungen zu den Gestaltungsmerkmalen der Entwurfsklassen nicht erforderlich. Es kann für den Anwender der Eindruck entstehen, dass das M EKLBest ein eigenständiges Regelwerk und keine Ergänzung zu den RAL ist. Daher sollten die Ausführungen gekürzt und auf die wesentlichen Grundlagen zum Prinzip der RAL beschränkt werden.

### „Strategie bei der Anpassung bestehender Straßen“

Aus dem Kapitel „Strategie bei der Anpassung bestehender Straßen“ geht hervor, wie das Prinzip der EKL auf bestehende Straßen angewendet werden

soll. Jedoch ist der Bezug zu den nachfolgenden Kapiteln teilweise schwer nachzuvollziehen, wie z. B. zu den Kapiteln 4 und 5 „Anforderungen an die Teilstrecken eines Netzabschnittes im Hinblick auf die Kennzeichnung als Straße einer Entwurfsklasse“ bzw. „Zuordnung der Teilstrecke eines Netzabschnittes zu einer Entwurfsklasse“.

Das Kapitel zur Beschreibung der Strategie zur Anwendung des Prinzips der EKL auf bestehende Straßen sollte so beschrieben werden, dass die Strategie für den Anwender nachvollziehbar ist. Ergänzend zu den Inhalten des M EKLBest sollte auch beschrieben werden, wie zu verfahren ist, wenn keine Markierung einer EKL möglich ist.

Da die dem Kapitel 3 nachfolgenden Kapitel mit der Strategie zusammenhängen, sollte der Anwender durch den Text auch die Zusammenhänge zwischen den Kapiteln verstehen können. Ergänzend zu der Beschreibung der Strategie sollte diese zur Veranschaulichung auch dargestellt werden.

### „Anforderungen an die Teilstrecken eines Netzabschnittes im Hinblick auf die Kennzeichnung als Straße einer Entwurfsklasse“

In Kapitel 4 des M EKLBest werden die Anforderungen an die Teilstrecken eines Netzabschnittes im Hinblick auf die Kennzeichnung als Straße einer Entwurfsklasse beschrieben. Die Art der Darstellung ist wenig anwenderfreundlich. Neben den definierten Anforderungen werden für die jeweilige EKL prägnante Gestaltungsmerkmale beschrieben, die keine Anforderung darstellen, wie z. B. dass Straßen der EKL 4 durch eine befestigte Fläche ohne Mittelmarkierung geprägt sind und i. d. R. plangleiche Knotenpunkte ohne LSA aufweisen. Dies ist nicht zweckmäßig. Im Gegensatz dazu, sind die Beschreibungen der Anforderungen unvollständig, z. B. werden für die Straßen der EKL 1 und der EKL 2 keine Aussagen zu den erforderlichen Fahrbahnbreiten getroffen. Die nicht beschriebenen Anforderungen sind in den Entscheidungsbäumen in Kapitel 5 dargestellt (siehe Ausführungen in Kapitel 2.1.1). Bei dem Vergleich der in Kapitel 4 beschriebenen Anforderungen und der in den Entscheidungsbäumen dargestellten Anforderungen wird auch deutlich, dass diese teilweise nicht übereinstimmen.

Nach ein paar allgemeinen erläuternden Sätzen zu den Mindestvoraussetzungen für kennzeichnungsfähige Abschnitte, sollten diese aus übersichtlichen Gründen in tabellarischer Form dargestellt werden.

Das Kapitel sollte neben den Mindestvoraussetzungen keine allgemeinen Erläuterungen zu den nach den RAL festgelegten Gestaltungsmerkmalen der EKL enthalten.

Aus den Ergebnissen des vorliegenden Projektes geht hervor, welche Gestaltungsmerkmale bei den Straßen der jeweiligen EKL im Bestand überwiegend vorliegen. Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse, sollten die im M EKLBest aufgelisteten Anforderungen aktualisiert werden. Zum Beispiel sollten keine starren Werte für die Mindestlängen von kennzeichnungsfähigen Abschnitten gegeben werden. Auch bei Straßen der EKL 1 können geringe Abschnittslängen vorliegen (siehe Kapitel 5.5.1). Weiterhin sollten für Straßen der EKL 1 und der EKL 2 auch erforderliche Mindestfahrbahnbreiten in den dreistreifigen Abschnitten angegeben werden. Die vom Forschungsnehmer konkret vorgeschlagenen Mindestvoraussetzungen sind in Kapitel 5.9.2 aufgelistet. Diese basieren auf den im M EKLBest angegebenen Anforderungen, welche durch die Ergebnisse aus dem vorliegenden Projekt aktualisiert wurden.

#### **„Zuordnung der Teilstrecke eines Netzabschnittes zu einer Entwurfsklasse“**

In dem fünften Kapitel des M EKLBest wird beschrieben, wie vorzugehen ist, wenn die Anforderungen an die Teilstrecken nicht erfüllt werden können. Es ist zu prüfen, ob und in welcher Art und Weise die wichtigsten Wiedererkennungsmerkmale der Entwurfsklassen im Zuge von Um- bzw. Ausbaumaßnahmen realisiert werden können. Für das dabei erforderliche Vorgehen enthält das M EKLBest Entscheidungsbäume. In diesen sind differenziert nach den EKL die Anforderungen an die kennzeichnungsfähigen Abschnitte und über ein Kürzel die jeweilige erforderliche Anpassungsmaßnahme dargestellt, wenn die Anforderung nicht eingehalten werden kann. Bei den Anpassungsmaßnahmen wird nach vorauszusetzenden und ergänzenden Maßnahmen unterschieden. Neben diesen Maßnahmen werden auch die kennzeichnenden Maßnahmen beschrieben. Diese umfassen die Markierung der Straße entsprechend der jeweiligen EKL und stehen nicht im Zusammenhang mit der Erfüllung der Anforderungen an kennzeichnungsfähige Abschnitte (siehe Ausführungen in Kapitel 2.1.1).

Das Kapitel 5 des M EKLBest sollte entfallen. Inhaltlich bringt es für den Anwender keinen Mehrwert. Durch die in dem vorangegangenen Kapitel aufgelisteten Mindestvoraussetzungen sollte dem Anwender klar sein, welche Maßnahmen er zu er-

greifen hat, wenn die Voraussetzungen nicht eingehalten werden können. Die Beschreibung von ergänzenden Maßnahmen, die dazu beitragen, dass die bestehenden Straßen den Vorgaben nach den RAL entsprechen, ist ebenfalls nicht zweckmäßig. Aus den Ergebnissen des vorliegenden Projektes ging hervor, dass durch die Straßenbauverwaltungen aus wirtschaftlichen Gründen ausschließlich die Einhaltung der Mindestvoraussetzungen angestrebt wird. Selbst dies ist in manchen Fällen aufgrund von diversen Zwangspunkten schwer zu realisieren.

#### **„Anpassung der Straßenquerschnitte“**

In dem Kapitel 6 des M EKLBest werden Strategien angegeben, wie die Elemente des Querschnitts im Falle einer Abweichung von den Regelmaßen sinnvoll aufgeteilt werden können. Dies erfolgt in Text- und in Tabellenform (siehe Ausführungen in Kapitel 2.1.1).

Die Beschreibung der Strategie ist für den Anwender wenig übersichtlich. Die Strategie sollte für den Anwender besser aus den Tabellen hervorgehen. Die im M EKLBest angegebenen Tabellen zur Querschnittsaufteilung bei Markierung von Abschnitten bei Abweichungen von den Regelmaßen der RAL sollten entsprechend den Ergebnissen des vorliegenden Projektes aktualisiert werden. Zum Beispiel sollte in dreistreifigen Abschnitten von Straßen der EKL 1 bei kleineren Fahrbahnbreiten im Vergleich zu den Regelmaßen der RAL zuerst die Breite des verkehrstechnischen Mittelstreifens reduziert werden. Weiterhin sollte angestrebt werden, dass die Breite des verkehrstechnischen Mittelstreifens in den dreistreifigen Abschnitten konform zu der Breite in den zweistreifigen Abschnitten ist, um ein unruhiges Markierungsbild vermeiden zu können. Die vom Forschungsnehmer konkret vorgeschlagenen Hinweise zur Querschnittsaufteilung bei Markierung von Abschnitten bei Abweichungen von den Regelmaßen der RAL sind dem Anhang 19 zu entnehmen.

Die Ausführungen zur Querschnittsaufteilung bei Rampen und zum Ausbau von Überholfahrstreifen sollten entfallen. Diese haben aus der Sicht des Forschungsnehmers für den Anwender des M EKLBest keinen Mehrwert.

#### **„Anpassung der Linienführung“**

Das M EKLBest gibt auch Hinweise, wie ggf. Elemente der Linienführung angepasst werden sollten, die eine hohe Sicherheitsrelevanz haben. Die Hin-

weise geben überwiegend die Inhalte der RAL wieder und sind für den Anwender keine ergänzenden Informationen, die nur für bestehende Straßen gelten. Daher hat das Kapitel für den Anwender keinen Mehrwert. Es sollte in dem Kapitel ausschließlich darauf hingewiesen werden, dass neben den definierten Mindestvoraussetzungen nach dem M EKLBest keine weiteren Vorgaben zu berücksichtigen sind.

#### **„Anpassung von Knotenpunkten“**

Es werden in dem achten Kapitel des M EKLBest Hinweise gegeben, wie mit im Bestand vorhandenen Knotenpunkten umzugehen ist, die von den Festlegungen nach den RAL abweichen. Diese Hinweise sind sehr ausführlich und für den Anwender nützlich. Daher können sie beibehalten werden, sollten aber auf die maßgebenden Informationen reduziert und unter Berücksichtigung der Ergebnisse des vorliegenden Projektes optimiert werden. Dabei sind z. B. Gestaltungsmöglichkeiten für die Einmündungen von Wirtschaftswegen auf Straßen der EKL 4 zu ergänzen.

In dem Kapitel ist weiterhin ein Unterkapitel 8.3 „Knotenpunktelemente“ enthalten. Dieses Unterkapitel gibt überwiegend die Inhalte der RAL wieder. Daher hat es für den Anwender keinen Mehrwert und sollte entfallen.

#### **„Anpassung der Ausstattung“**

In dem Kapitel 9 „Anpassung der Ausstattung“ des M EKLBest werden überwiegend die Inhalte der RAL wiedergegeben. Daher hat das Kapitel für den Anwender keinen Mehrwert und sollte entfallen.

#### **„Einbindung der um-/ausgebauten Streckenzüge in das Bestandsnetz“**

Das zehnte Kapitel des M EKLBest beinhaltet Hinweise zur Gestaltung der Übergangsbereiche zwischen den nach den RAL gekennzeichneten Streckenabschnitten und den Streckenabschnitten des Bestandsnetzes. Auch in diesem Kapitel werden dem Anwender nützliche Informationen gegeben, die ausführlich beschrieben sind. Daher können die Inhalte beibehalten werden, sollten aber auch auf die maßgebenden Informationen reduziert und unter Berücksichtigung der Ergebnisse des vorliegenden Projektes optimiert werden. Dabei sind v. a. die beschriebenen und durch Skizzen dargestellten Gestaltungsmöglichkeiten von möglichen Übergängen um weitere mögliche Fälle zu ergänzen. Aus den Ergebnissen des vorliegenden Projektes geht hervor, welche Fälle bei den Straßen der jeweiligen

EKL im Bestand überwiegend vorliegen und somit maßgebend sind.

Für Straßen der EKL 1 wird z. B. empfohlen, dass die grüne Markierung des verkehrstechnischen Mittelstreifens bis zur Sperrfläche fortgeführt wird, die z. B. im Zuge der Einziehung des Überholfahrstreifens angeordnet wird. Weiterhin sollte der Fall ergänzt werden, wenn im Zuge einer Straße der EKL 1 eine Ortsdurchfahrt vorliegt.

Im M EKLBest werden für Straßen der EKL 2 Gestaltungsvorschläge für Übergänge zum Bestand an Knotenpunkten und auf der freien Strecke gegeben. Dabei wird jedoch ausschließlich der unkritische Fall betrachtet, bei dem ein dreistreifiger Abschnitt der EKL 2 durch die Einleitung eines Überholfahrstreifens beginnt. Die Gestaltungsvorschläge sollten auch um den kritischen Fall ergänzt werden, bei dem der Überholfahrstreifen vor dem Knotenpunkt oder auf der freien Strecke endet. Weiterhin sollte auch für Straßen der EKL 2 der Fall einer Ortsdurchfahrt ergänzt werden.

Für Straßen der EKL 4 sollte v. a. eine Gestaltungsmöglichkeit für den Übergang an einer Ortschaft ergänzt werden.

Die vom Forschungsnehmer konkret vorgeschlagenen Gestaltungsmöglichkeiten für die Übergänge zwischen unterschiedlich gekennzeichneten Abschnitten sind dem Anhang 19 zu entnehmen.

### **5.9.2 Textvorschläge für das M EKLBest**

Die vollständigen für das M EKLBest erarbeiteten Textvorschläge sind dem Anhang 19 zu entnehmen. Im Folgenden werden die wesentlichen Punkte aufgezählt.

Das M EKLBest sollte ergänzend zu den RAL Empfehlungen geben, wie bei der Anpassung bestehender Landstraßen an das Prinzip der EKL zu verfahren ist. Dabei sollte es angeben, ob und unter welchen Voraussetzungen bestehende Straßen entsprechend der angestrebten EKL gekennzeichnet werden können. Das Merkblatt führt dazu für einzelne Entwurfs-elemente Toleranzen im Vergleich zu den Festlegungen nach den RAL bzw. Mindestvoraussetzungen auf. Weiterhin zeigt es Umsetzungsstrategien und konkrete Anpassungsschritte. Das M EKLBest sollte dazu wie folgt gegliedert werden:

- Einführung,
- Prinzip der Entwurfsklassen nach den RAL,



- Anwendung des Prinzips der EKL bei Streckenzügen bestehender Straßen,
- Mindestvoraussetzungen für kennzeichnungsfähige Abschnitte,
- Entwurfsempfehlungen für kennzeichnungsfähige Abschnitte und
- Übergänge zwischen unterschiedlich gekennzeichneten Abschnitten.

#### „Einführung“

- Das Kapitel sollte analog zu den Regelwerken der FGSV nach Inhalt, Zweck und Geltungsbereich gegliedert werden.
- Es sollte das Prinzip der EKL nach den RAL noch einmal kurz erläutert und darauf aufbauend die Veranlassung des Merkblatts abgeleitet werden.
- Dabei sollte verdeutlicht werden, dass die RAL die Grundlage des M EKLBest sind und worin die konkreten Abgrenzungen zu den RAL bestehen.
- Die Inhalte des M EKLBest sollten kurz aufgezählt werden.
- Es sollte festgelegt werden, dass der Geltungsbereich des M EKLBest alle Landstraßen der LS I bis LS IV im Geltungsbereich der RAL umfasst.

#### „Prinzip der Entwurfsklassen nach den RAL“

- Es sollten ausschließlich die wesentlichen Grundlagen des Prinzips der RAL genannt werden.
- Wesentliche Grundlagen sind Hinweise zu
  - dem Prinzip der EKL,
  - dem Streckenzug,
  - den Grundlagen der EKL und
  - den Gestaltungsmerkmalen der EKL.

#### „Anwendung des Prinzips der EKL bei Streckenzügen bestehender Straßen“

- Die Strategie zur Anwendung des Prinzips der EKL auf bestehende Straßen sollte beschrieben und anschließend zur Veranschaulichung dargestellt werden.
- Die Umsetzungsstrategie sollte die in Bild 74 dargestellten Arbeitsschritte umfassen.
- Das Ziel bei der Anwendung des Prinzips der EKL ist die Markierung der entsprechenden EKL, da diese das wichtigste Wiedererkennungsmerkmal einer EKL ist. Dies sollte erläutert werden.

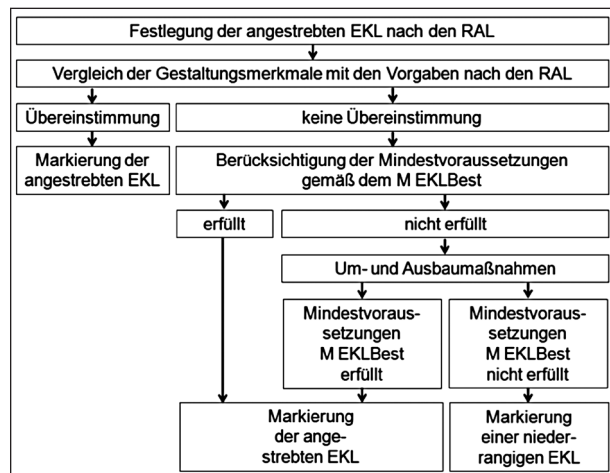


Bild 74: Strategie zur Übertragung des Prinzips der EKL auf bestehende Straßen

- Es sollte darauf hingewiesen werden, dass ein Streckenzug vollständig oder schrittweise ausgebaut werden kann. Dabei sollten Empfehlungen für einen schrittweisen Ausbau gegeben werden.
- Weiterhin sollten Hinweise gegeben werden, wie zu verfahren ist, wenn keine Markierung einer EKL möglich ist.

#### „Mindestvoraussetzungen für kennzeichnungsfähige Abschnitte“

- Die Mindestvoraussetzungen für kennzeichnungsfähige Abschnitte sollten zur Übersichtlichkeit in tabellarischer Form dargestellt werden.
- Straßen der EKL 1 sollten folgende Mindestvoraussetzungen erfüllen:
  - ▷ Kraftfahrstraße,
  - ▷ Fahrbahnbreite  $\geq 8,50$  m im zweistreifigen Abschnitt und  $\geq 11,50$  m im dreistreifigen Abschnitt,
  - ▷ Anteil an Überholfahrstreifen  $\geq 30$  % für jede Fahrtrichtung,
  - ▷ 3 Überholfahrstreifen je Fahrtrichtung,
  - ▷  $\min R = 350$  m und Radienrelationen im guten Bereich,
  - ▷ keine Anbindungen von Wegen und Zufahrten sowie
  - ▷ teilplanfreie Knotenpunkte.
- Straßen der EKL 2 sollten folgende Mindestvoraussetzungen erfüllen:
  - ▷ keine Zulassung des Radverkehrs auf der Fahrbahn,

- ▷ Fahrbahnbreite  $\geq 7,50$  m im zweistreifigen Abschnitt und  $\geq 11,00$  m im dreistreifigen Abschnitt,
  - ▷ Anteil an Überholfahrstreifen  $\geq 15$  % für jede Fahrtrichtung,
  - ▷ 2 Überholfahrstreifen je Fahrtrichtung,
  - ▷ Einhaltung von  $\min R = 350$  m im dreistreifigen Abschnitt,
  - ▷ bei Anbindungen von Wegen und Zufahrten in dreistreifigen Abschnitten nur rechts abbiegen und rechts einbiegen sowie
  - ▷ signalisierte Kreuzungen mit klassifizierten Straßen.
- Straßen der EKL 3 sollten Fahrbahnbreiten von  $B \geq 6,00$  m aufweisen.
  - Straßen der EKL 4 sollten Fahrbahnbreiten von  $4,50 \text{ m} \leq B < 6,50$  m aufweisen.

Die Mindestvoraussetzung für Straßen der EKL 1 und der EKL 2 bzgl. des Anteils und der Anzahl an Überholfahrstreifen sollte nicht nur für einen einzelnen Abschnitt gelten, wenn sie in absehbarer Zeit in mehreren aufeinanderfolgenden Abschnitten erfüllt wird.

#### „Entwurfsempfehlungen für kennzeichnungsfähige Abschnitte“

- Die Vorgehensweise zur Anpassung der Querschnitte, der Linienführung und der Knotenpunkte bei Abweichungen im Vergleich zu den Festlegungen nach den RAL sollten beschrieben werden.
- Bezüglich der Querschnitte sollten für jede EKL zu folgenden Punkten Hinweise gegeben werden:
  - ▷ maßgebender Querschnitt nach den RAL,
  - ▷ Mindest- bzw. Maximalfahrbahnbreite und
  - ▷ tabellarische Darstellung der empfohlenen Breiten der Querschnittsbestandteile.
- Bezüglich der Linienführung sollte darauf hingewiesen werden, dass neben den definierten Mindestvoraussetzungen nach dem M EKLBest keine weiteren Vorgaben zu berücksichtigen sind.
- Bezüglich der Knotenpunkte sollten für jede EKL zu folgenden Punkten Hinweise gegeben werden:
  - ▷ maßgebender Knotenpunkt nach den RAL,
  - ▷ Umgang mit vorhandenen Knotenpunkten, die von den Festlegungen nach den RAL abweichen und

- ▷ Hinweise zu einmündenden Zufahrten und Wegen.

#### „Übergänge zwischen unterschiedlich gekennzeichneten Abschnitten“

- Es sollte darauf hingewiesen werden, dass die betrachteten Streckenabschnitte an einem Knotenpunkt, einer Ortschaft oder auf der freien Strecke in das Bestandsnetz übergehen können.
- Für die Übergangsbereiche auf der freien Strecke sollten Empfehlungen gegeben werden, wie die angrenzenden Streckenabschnitte aus Gründen der Verkehrssicherheit und zur Bildung von einheitlichen Streckenzügen ggf. angepasst werden müssen.
- Es sollten für jede EKL Gestaltungsvorschläge gegeben werden, wie mögliche Übergangsbereiche aussehen könnten.

## 6 Zusammenfassung

### Aufgabenstellung

Die „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (RAL) wurden im Juni des Jahres 2013 eingeführt. Sie sollen allen Neu-, Um- und Ausbaumaßnahmen von Landstraßen zugrunde gelegt werden. Das Ziel der RAL ist es, durch die konsequente Standardisierung von Landstraßen das Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer zu beeinflussen und so vor allem die Verkehrssicherheit zu verbessern. Dafür definieren sie vier standardisierte Straßentypen (Entwurfsklassen (EKL)).

Der Erfolg des neuen Konzeptes der RAL setzt die Übertragung des Entwurfsprinzips der EKL auf das Bestandsnetz voraus. Dafür wird das „Merkblatt für die Übertragung des Prinzips der Entwurfsklassen nach den RAL auf bestehende Straßen“ (M EKL-Best) erarbeitet. Zu Beginn des Forschungsprojektes lag ein Entwurf des Merkblattes mit Stand vom 21.10.2009 vor, der noch nicht die finalen Festlegungen der RAL (2012) beinhaltete. Des Weiteren fehlten Erfahrungen bei der Anwendung der RAL als auch bei der Anwendung des Merkblattes bei konkreten Entwurfsplanungen von Landstraßen. Hinsichtlich des Entwurfsprinzips der RAL war bislang noch ungeklärt, welcher Handlungs- bzw. Gestaltungsspielraum für die Straßenbauverwaltungen in der Planungspraxis besteht.

Durch das Forschungsvorhaben sollten daher die Festlegungen des M EKLBest-Entwurfes an konkreten Planungsmaßnahmen erprobt werden. Ziel des Vorhabens war es

- die Praktikabilität bei Umgestaltungsmaßnahmen an konkreten Planungsmaßnahmen zu prüfen sowie
- durch Diskussionen mit den Straßenbauverwaltungen Randbedingungen und Probleme bei der Realisierung des neuen Entwurfsprinzips der RAL im Bestand herauszufinden.

Im Ergebnis des Forschungsvorhabens sollten Änderungs- und Ergänzungsvorschläge für das M EKLBest gegeben werden. Diese sollten der praxisorientierten Weiterentwicklung des bestehenden M EKLBest-Entwurfes dienen und mittelfristig den Straßenbauverwaltungen die Umsetzung des neuen Entwurfskonzeptes der RAL erleichtern.

### Vorgehen

Zunächst wurden die Inhalte des M EKLBest-Entwurfes mit den RAL abgeglichen. Parallel dazu wurden die Straßenbauverwaltungen der Bundesländer Deutschlands angeschrieben und um Vorschläge für Pilotstrecken gebeten. Aus den vorgeschlagenen Pilotstrecken wurden für jede Landstraßenkategorie geeignete Pilotstrecken ausgewählt.

Im weiteren Vorgehen wurden die Streckendaten erhoben. Dabei wurden die Gestaltungsmerkmale erfasst, die für die Überprüfung der vom M EKLBest festgelegten Anforderungen hinsichtlich der Kennzeichnung (Markierung) der angestrebten EKL erforderlich sind. Nachfolgend wurden die erhobenen Gestaltungsmerkmale mit den Anforderungen abgeglichen. Abweichungen von den RAL oder vom bestehenden M EKLBest-Entwurf wurden mit den Straßenbauverwaltungen in Fachgesprächen diskutiert. Daraus ergab sich ein möglicher Anpassungsbedarf für das M EKLBest oder für die umzugestaltende Strecke. Bei einigen Pilotstrecken wurden die diskutierten Anpassungsmaßnahmen zeitnah umgesetzt, sodass auf diesen Strecken auch die Markierung der angestrebten EKL erfolgen konnte.

Die Anwendung des M EKLBest erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den Straßenbauverwaltungen. Dabei wurde geprüft, welche Probleme bei der Anwendung aufkamen, d. h. inwieweit das M EKLBest problemlos angewendet werden konnte bzw. an welchen Stellen Kompromisslösungen gefunden werden mussten.

Aus den Ergebnissen der Fachgespräche mit den Straßenbauverwaltungen und den durchgeführten Untersuchungen wurden Änderungs- und Ergänzungsvorschläge für das M EKLBest erarbeitet. Diese dienen dem Arbeitskreis 2.2.2 „Verbesserung bestehender Straßen“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) als Diskussionsgrundlage für die Überarbeitung der Fassung des M EKLBest vom 21.10.2009.

### Ergebnisse und Empfehlungen

Aus den Ergebnissen der Fachgespräche mit den Straßenbauverwaltungen und den durchgeführten Untersuchungen wurden Änderungs- und Ergänzungsvorschläge für das M EKLBest abgeleitet. Die wesentlichen Punkte werden im Folgenden aufgezählt. Darauf aufbauend wurde ein konkreter Textvorschlag für die Änderungs- und Ergänzungsvorschläge erarbeitet.

Das M EKLBest soll ergänzend zu den RAL Empfehlungen geben, wie bei der Anpassung bestehender Landstraßen an das Prinzip der EKL zu verfahren ist. Dabei soll es angeben, ob und unter welchen Voraussetzungen bestehende Straßen entsprechend der angestrebten EKL gekennzeichnet werden können. Das Merkblatt führt dazu für einzelne Entwurfs Elemente Toleranzen im Vergleich zu den Festlegungen nach den RAL bzw. Mindestvoraussetzungen auf. Dies erfolgt wohlwissend, da bei Abweichungen von den Empfehlungen der RAL auch das den RAL zugrunde liegende Sicherheitsniveau nicht erreicht werden kann. Weiterhin zeigt das M EKLBest Umsetzungsstrategien und konkrete Anpassungsschritte, um sich den Entwurfsvorgaben der RAL so nah wie möglich anzunähern. Das M EKLBest sollte dazu wie folgt gegliedert werden:

- Einführung,
- Prinzip der Entwurfsklassen nach den RAL,
- Anwendung des Prinzips der EKL bei Streckenzügen bestehender Straßen,
- Mindestvoraussetzungen für kennzeichnungsfähige Abschnitte,
- Entwurfsempfehlungen für kennzeichnungsfähige Abschnitte und
- Übergänge zwischen unterschiedlich gekennzeichneten Abschnitten.

„Einführung“

- Das Kapitel sollte analog zu den Regelwerken der FGSV nach Inhalt, Zweck und Geltungsbereich gegliedert werden.

- Es sollte das Prinzip der EKL nach den RAL noch einmal kurz erläutert und darauf aufbauend die Veranlassung des Merkblatts abgeleitet werden.
- Dabei sollte verdeutlicht werden, dass die RAL die Grundlage des M EKLBest sind und worin die konkreten Abgrenzungen zu den RAL bestehen.
- Die Inhalte des M EKLBest sollten kurz aufgezählt werden.
- Es sollte festgelegt werden, dass der Geltungsbereich des M EKLBest alle Landstraßen der LS I bis LS IV im Geltungsbereich der RAL umfasst.

#### „Prinzip der Entwurfsklassen nach den RAL“

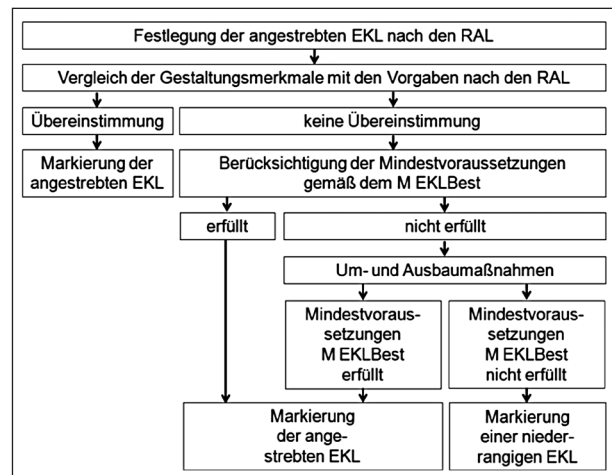
- Es sollten nur die wesentlichen Grundlagen des Prinzips der RAL genannt werden.
- Wesentliche Grundlagen sind Hinweise zu
  - dem Prinzip der EKL,
  - dem Streckenzug,
  - den Grundlagen der EKL und
  - den Gestaltungsmerkmalen der EKL.

#### „Anwendung des Prinzips der EKL bei Streckenzügen bestehender Straßen“

- Die Strategie zur Anwendung des Prinzips der EKL auf bestehende Straßen sollte beschrieben und anschließend zur Veranschaulichung dargestellt werden.
- Die Umsetzungsstrategie sollte die in Bild 75 dargestellten Arbeitsschritte umfassen.
- Das Ziel bei der Anwendung des Prinzips der EKL ist die Markierung der entsprechenden EKL, da diese das wichtigste Wiedererkennungsmerkmal einer EKL ist. Dies sollte erläutert werden.
- Es sollte darauf hingewiesen werden, dass ein Streckenzug vollständig oder schrittweise ausgebaut werden kann. Dabei sollten Empfehlungen für einen schrittweisen Ausbau gegeben werden.
- Weiterhin sollten Hinweise gegeben werden, wie zu verfahren ist, wenn keine Markierung einer EKL möglich ist.

#### „Mindestvoraussetzungen für kennzeichnungsfähige Abschnitte“

- Die Mindestvoraussetzungen für kennzeichnungsfähige Abschnitte sollten zur Übersichtlichkeit in tabellarischer Form dargestellt werden.



**Bild 75:** Strategie zur Übertragung des Prinzips der EKL auf bestehende Straßen

- Straßen der EKL 1 sollten folgende Mindestvoraussetzungen erfüllen:
  - ▷ Kraftfahrstraße,
  - ▷ Fahrbahnbreite  $\geq 8,50$  m im zweistreifigen Abschnitt und  $\geq 11,50$  m im dreistreifigen Abschnitt,
  - ▷ Anteil an Überholfahrstreifen  $\geq 30$  % für jede Fahrtrichtung,
  - ▷ 3 Überholfahrstreifen je Fahrtrichtung,
  - ▷ min R = 350 m und Radienrelationen im guten Bereich,
  - ▷ keine Anbindungen von Wegen und Zufahrten sowie
  - ▷ teilplanfreie Knotenpunkte.
- Straßen der EKL 2 sollten folgende Mindestvoraussetzungen erfüllen:
  - ▷ keine Zulassung des Radverkehrs auf der Fahrbahn,
  - ▷ Fahrbahnbreite  $\geq 7,50$  m im zweistreifigen Abschnitt und  $\geq 11,00$  m im dreistreifigen Abschnitt,
  - ▷ Anteil an Überholfahrstreifen  $\geq 15$  % für jede Fahrtrichtung,
  - ▷ 2 Überholfahrstreifen je Fahrtrichtung,
  - ▷ Einhaltung von min R = 350 m im dreistreifigen Abschnitt,
  - ▷ bei Anbindungen von Wegen und Zufahrten in dreistreifigen Abschnitten nur rechts abbiegen und rechts einbiegen sowie
  - ▷ signalisierte Kreuzungen mit klassifizierten Straßen.



- Straßen der EKL 3 sollten Fahrbahnbreiten von  $B \geq 6,00$  m aufweisen.
- Straßen der EKL 4 sollten Fahrbahnbreiten von  $4,50 \text{ m} \leq B < 6,50$  m aufweisen.

Die Mindestvoraussetzung für Straßen der EKL 1 und der EKL 2 bzgl. des Anteils und der Anzahl an Überholfahrstreifen sollte nicht nur für einen einzelnen Abschnitt gelten, wenn sie in absehbarer Zeit in mehreren aufeinanderfolgenden Abschnitten erfüllt wird.

„Entwurfsempfehlungen für kennzeichnungsfähige Abschnitte“

- Die Vorgehensweise zur Anpassung der Querschnitte, der Linienführung und der Knotenpunkte bei Abweichungen im Vergleich zu den Festlegungen nach den RAL sollten beschrieben werden.
- Bezüglich der Linienführung sollte darauf hingewiesen werden, dass neben den definierten Mindestvoraussetzungen nach dem M EKLBest keine weiteren Vorgaben zu berücksichtigen sind.
- Bezüglich der Querschnitte sollten für jede EKL zu folgenden Punkten Hinweise gegeben werden:
  - ▷ maßgebender Querschnitt nach den RAL,
  - ▷ Mindest- bzw. Maximalfahrbahnbreite und
  - ▷ tabellarische Darstellung der empfohlenen Breiten der Querschnittsbestandteile.
- Bezüglich der Knotenpunkte sollten für jede EKL zu folgenden Punkten Hinweise gegeben werden:
  - ▷ maßgebender Knotenpunkt nach den RAL,
  - ▷ Umgang mit vorhandenen Knotenpunkten, die von den Festlegungen nach den RAL abweichen und
  - ▷ Hinweise zu einmündenden Zufahrten und Wegen.

„Übergänge zwischen unterschiedlich gekennzeichneten Abschnitten“

- Es sollte darauf hingewiesen werden, dass die betrachteten Streckenabschnitte an einem Knotenpunkt, einer Ortschaft oder auf der freien Strecke in das Bestandsnetz übergehen können.
- Für die Übergangsbereiche auf der freien Strecke sollten Empfehlungen gegeben werden, wie die angrenzenden Streckenabschnitte aus Gründen der Verkehrssicherheit und zur Bildung von einheitlichen Streckenzügen ggf. angepasst werden müssen.

- Es sollten für jede EKL Gestaltungsvorschläge gegeben werden, wie mögliche Übergangsbereiche aussehen könnten.

### Fazit

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung wird deutlich, dass der Entwurf des M EKL-Best vom 21.10.2009 überarbeitet werden sollte. Daher wurden auf der Grundlage einer praktischen Anwendung an Pilotstrecken und intensiven fachlichen Diskussionen mit den für die Pilotstrecken zuständigen Straßenbauverwaltungen praktikable Änderungs- und Ergänzungsvorschläge erarbeitet. Diese dienen dem Arbeitskreis 2.2.2 „Verbesserung bestehender Straßen“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) als Diskussionsgrundlage für die Erstellung eines „Merckblattes für die Übertragung des Prinzips der Entwurfsklassen nach den RAL auf bestehende Straßen“ (M EKLBest).

### Literatur

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung vom 22.10.1998 in der Fassung vom 17.07.2009. Berlin 1998

Bard + Sauther GmbH: Ausführungsplanung zum Vorhaben „B 327, Neubau der Ortsumgehung Kastellaun“ im Auftrag des Landesbetriebs Mobilität Rheinland-Pfalz. Bad Kreuznach 2012

BECHER, T.; BAIER, M. M.; STEINAUER, B.; SCHEUCHENPFLUG, R.; KRÜGER, H.-P.: Berücksichtigung psychologischer Aspekte beim Entwurf von Landstraßen – Grundlagenstudie, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V 148. Bergisch Gladbach 2006

BERNER, TH.: Präsentation zur Beratung über die einheitliche Gestaltung der Neubauabschnitte der B 169. Cottbus 2009

BIEDERMANN, B.: Straßentrassierung auf der Grundlage von Geschwindigkeiten aus Sehfelduntersuchungen, Dissertation an der Technischen Universität Darmstadt. Darmstadt 1984

BRENNEMANN, R.: Website welt-atlas Hamburg 2014. Internetpräsenz: <http://www.welt-atlas.de>

- BRIESOFSKY, J.: Anpassung des bestehenden Straßennetzes an das Entwurfskonzept der standardisierten Straßen nach RAL-Studie zur Anwendung des M EKLBest, Diplomarbeit am Lehrstuhl Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen der Technischen Universität Dresden. Dresden 2012
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): Mitschriften zur Bund/Länder-Dienstbesprechung „Straßeninfrastruktursicherheit und Straßenentwurf“ am 28./29.01.2014 in Bonn, RSP 0.133. Bonn 2014
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 08/2013. Bonn 2013
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): B 87n, Leipzig (A 14) bis Landesgrenze Sachsen/Brandenburg – Kostenprüfung 1; Brief an das Sächsische Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWA), Abteilung Verkehr vom 23.08.2010. Aktenzeichen: StB 24/72131.13/1087n-1251554. Bonn 2010
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Niederschrift über die Sitzung des Bund-Länder-Fachausschusses Straßenverkehrs-Ordnung/-Ordnungswidrigkeiten am 21./22.09.2011 in Saarlouis (BLFA-StVO/OWi III/2011). Saarlouis 2011
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (BMVBW): Bundesverkehrswegeplan 2003. Bonn 2003
- CAMPBELL, J. L.; LICHTY, M. G.; BROWN, J. L.; RICHARD, C. M.; GRAVING, J. S.; GRAHAM, J.; O'LAUGHLIN, M.; TORBIC, D.; HARWOOD, D.: Human Factors Guidelines for Road Systems, Second Edition, NCHRP Report 600, Transportation Research Board. Washington, D. C. 2012
- CROW: Handboek Wegontwerp, Erftoegangawegen Ede 2013c
- CROW: Handboek Wegontwerp, Gebiedsontsluitingswegen Ede 2013b
- CROW: Handboek Wegontwerp, Stroomwegen Ede 2013a
- CROW: Richtlijn essentiële herkenbaarheidkenmerken van weginfrastructuur: wegwijzer voor implementatie (Richtlijnen der wesentlichen Wiedererkennbarkeitsmerkmale der Straßeninfrastruktur) Ede 2004
- CROW: Tweestroomsweg met inhaalstroken - verkenning voor toepassing en ontwerp Ede 2008
- DERR, B. R.: Application of European 2+1 Roadway Designs, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), Research Results Digest, Number 275, Transport Research Board. Washington, D. C. 2003
- Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH (DEGES): Erfahrungsbericht zur Anwendung der RAL. Berlin 2014
- Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH (DEGES): Verkehrsprojekt Deutsche Einheit – Zubringer. B 96n Stralsund/Rügen. Abschnitt: Altefähr – Samtens – Bergen. Berlin 2011
- DURTH, W.: Ein Beitrag zur Erweiterung des Modells für Fahrer, Fahrzeug und Straße in der Straßenplanung, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 163. Bonn 1974
- Federal Highway Administration (FHWA): Roadway Human Factors and Behavioural Safety in Europe. Washington D. C. 2005
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen (ESN). Köln 2003
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS). Köln 2001
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Merkblatt für die Übertragung des Prinzips der Entwurfsklassen nach den RAL auf bestehende Straßen (M EKLBest), Entwurf 2009. Köln 2009a
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Merkblatt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken (MV-Mot). Köln 2007
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für die Markierung von Straßen (RMS), Teil 1: Abmessungen und geometrische Anordnung von Markierungszeichen (RMS-1). Köln 1993

- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL). Köln 2012
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Querschnitt (RAS-Q). Köln 1996
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Querschnitte (RAS-Q). Köln 1982
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Linienführung, Abschnitt 1: Elemente der Linienführung (RAS-L). Köln 1995
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Leitfaden für die funktionale Gliederung des Straßennetzes (RAS-N). Köln 1988
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN). Köln 2008a
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA). Köln 2008c
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme (RPS). Köln 2009e
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Markierungen auf Straßen (ZTV M 13). Köln 2013
- FRIEDRICH, M.; RESSEL, W.; SCHIFFNER, F.; SCHLEUPEN, G.: Übertragung des neuen Entwurfsprinzips von Entwurfsklassen auf das bestehende Straßennetz, unveröffentlichter Schlussbericht zum FE 02.0268/2006/AGB im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Stuttgart 2010
- HEGEWALD, A.; WEBER, R.: Unfälle auf schmalen Landstraßenquerschnitten, Straßenverkehrstechnik 11/2008, S. 677 – 683. Bonn 2008
- HELMERS, G.: Nordic Human Factors Guideline. Explanatory model for road user behavior Implications for the design of road and traffic Environment, Trafitec. Lyngby 2014
- HERRSTEDT, L.: Narrow cross sections without centre line markings – „2 minus 1“ rural road, road user behavior study. Kongens Lyngby 2007
- HESS, M.: Fortschreibung der Hinweise zum Einsatz schmaler Querschnitte – HSQ. Statusbericht, Vortrag zum VSVI-Seminar am 21.04.2015 in Koblenz. Koblenz 2015
- JÄHRIG, T.: Wirksamkeit von Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnigen Landstraßen, Dissertation an dem Lehrstuhl Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der Technischen Universität Dresden. Dresden 2012
- KÄMPFE, B.; SCHLAG, B.; WELLER, G.: Streckencharakteristik und Fahrfehler, Straßenverkehrstechnik, Heft 11/2005. Bonn 2005
- KAPTEIN, N.; VAN HATTUM, T.; VAN DER HORST, R.: Categorization of Road Environments and Driving Speed, Master, Deliverable 9. Soesterberg 1998
- KNOFLACHER, H.: Beitrag zum Seitenabstandsverhalten auf Freilandstraßen, Straßenverkehrstechnik, Heft 1/1976, S. 4 – 8, Bonn 1976
- KORSET, S.: Website ReiseAdler, Internetpräsenz: <http://de.reiseadler.com>. Berlin 2014
- Landesamt für Straßenbau und Verkehr, Niederlassung Leipzig (LASUV, NL Leipzig): Markierungs- und Beschilderungsplan zur Maßnahme „S 47, Fahrbahnerneuerung südlich Pyrna“. Dresden 2014
- Landesbetriebs Mobilität Rheinland-Pfalz (LBM): Beschilderungs- und Markierungsplan zum Vorhaben „B 327, Neubau der Ortsumgehung Kastellaun“. Bad Kreuznach 2012
- LIPPARD, D.; MEEWES, V.: Geschwindigkeiten in den neuen Bundesländern – Verhaltensänderungen 1991 – 1993 neue Fahrbahnen, Ausstattung, Umfeld, Beratungsstelle für Schadensverhütung Köln, Mitteilungen Nr. 35. Köln 1994
- LIPPOLD, C.; ENZFELDER, K.; BARK, A.; KUTSCHERA, R.: Wirkung, Akzeptanz und Dauerhaftigkeit von Elementen der Fahrtrichtungstrennung auf Landstraßen, Schlussbericht zum FE

- 02.281/2007/AGB im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Dresden 2013
- LIPPOLD, C.; KRÜGER, H.-P.; DIETZE, M.; SCHEUCHENPFLUG, R.: Einfluss der Straßenbepflanzung und Straßenraumgestaltung auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmer und auf die Sicherheit im Straßenverkehr auf Außerortsstraßen (Pilotstudie), Schlussbericht zum FE 02.0217/2002/LGB im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Dresden 2005
- LIPPOLD, C.; KRÜGER, H.-P.; SCHULZ, R.; SCHEUCHENPFLUG, R.: Einfluss der Straßenbepflanzung auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit (Hauptstudie), Schlussbericht zum FE 82.296/2005/AGB im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Dresden 2007a
- LIPPOLD, C.; KRÜGER, H.-P.; SCHULZ, R.; SCHEUCHENPFLUG, R.: Orientierungssichtweite – Definition und Beurteilung, Schlussbericht zum FE 02.0231/2003/AGB im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Dresden / Würzburg 2007b
- LIPPOLD, C./WEISE, G./JÄHRIG, T.: Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen (AOSI), Schlussbericht zum FE 82.355/2008, AOSI Teil 4: „Bewertung der Maßnahmen“ im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Dresden 2011
- LIPPOLD, C.; WEISE, G.; KUCZORA, V.; JÄHRIG, T.: Sicherheit zweistreifiger Bundesstraßen - Auswirkungen von linienhaft angeordneten ortsfesten Geschwindigkeitsüberwachungsanlagen, AOSI – Teil 3, Schlussbericht zum FE 82.281/2004/AGB im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Dresden 2008
- LIPPOLD, C.; WEISE, G.; KUCZORA, V.; SOS-SOUMIHEN, A.: Sicherheit zweistreifiger Bundesstraßen, AOSI – Teil 1, Schlussbericht zum FE 82.179/2000 im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Dresden 2003
- LIPPOLD, C.: Weiterentwicklung ausgewählter Entwurfsgrundlagen von Landstraßen, Dissertation am Institut für Verkehr, Fachgebiet Straßenentwurf und Straßenbetrieb der Technischen Hochschule Darmstadt. Darmstadt 1997
- MANNS Ingenieure (Hrsg.): Grundsatzstudie „Ein-satz schmaler Querschnitte auf klassifizierten Straßen“ im Auftrag des Landesbetriebs Mobilität Rheinland-Pfalz. Wirges 2008
- MATENA, S.; WEBER, R.; LOUWERSE, R.; DRO-LENGA, H.; VANEERDEWEGH, P.; POKORNY, P.; GAITANIDOU, L.; HOLLO, P.; MOKSARI, T.; ELVIK, R.; CARDOSO, J.: Road categorisation and design of self explaining roads, Report im Rahmen des “Road Infrastructure Safety Protection - Core-Research and Development for Road Safety in Europe; Increasing safety and reliability of secondary roads for a sustainable Surface Transport”. Bergisch Gladbach 2006
- Ministerium des Innern, für Sport und Infrastruktur Rheinland-Pfalz (ISIM): Durchführungserlass zur Anwendung der RAL in Rheinland-Pfalz. Potsdam 2014
- Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (MBWSV): Durchführungserlass zur Anwendung der RAL in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf 2013
- Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern (MV): Durchführungserlass zur Anwendung der RAL in Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin 2014
- Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (MIL) / Ministerium des Innern (MI): Gemeinsamer Runderlass des Ministeriums für Infrastruktur und Landwirtschaft und des Ministeriums des Innern zur Erhöhung der Verkehrssicherheit auf Straßen mit angrenzendem dichten Baumbestand ohne vorgelagerte Fahrzeug-Rückhaltesysteme außerhalb geschlossener Ortschaften im Land Brandenburg, Amtsblatt für Brandenburg, 22. Jahrgang, Nummer 36. Potsdam 2011
- Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (MIL): Durchführungserlass zur Anwendung der RAL in Brandenburg. Potsdam 2013
- Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt (MLV). Durchführungserlass zur Anwendung der RAL in Sachsen-Anhalt. Magdeburg 2013
- Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt (MLV): Erfahrungsbericht zur Anwendung der RAL. Magdeburg 2014
- Ministerium für Verkehr und Infrastruktur (MVI) Durchführungserlass zur Anwendung der RAL in Baden-Württemberg. Stuttgart 2014



- Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr (MWAEV): Durchführungserlass zur Anwendung der RAL in Saarland. Saarbrücken 2013
- Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Technologie Schleswig-Holstein (SH): Durchführungserlass zur Anwendung der RAL in Schleswig-Holstein. Kiel 2015
- National Roads Authority (NRA): 2 plus 1 Road – Pilot Programme. Dublin 2004
- National Roads Authority (NRA): Road Link Design, Volume 6 Section 1 Part 1 des NRA DMRB, NRA TD 9/12. Dublin 2012
- Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV): Markierungs- und Beschilderungsplan zur Maßnahme „B 3, Ummarkierung Elze“. Wunstorf 2013a
- Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV): Durchführungserlass zur Anwendung der RAL in Niedersachsen. Hannover 2014
- Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV): Planfeststellung zum Vorhaben „Ausbau der Ortsumgehung Dahlenburg im Zuge der B 216“. Lüneburg 2013b
- NORTA, L.: Präsentation „Festlegung der Mindestbreite bituminöser Fahrbahnen für Bestandsausbauten und Sanierungen“. Trier 2013
- Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (STMI): Kostenbewusstes Planen und Bauen. Planungshilfen für den Umbau einbahniger, nicht oder unzureichend ausgebauter Straßen. München 2012
- Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (STMI): Durchführungserlass zur Anwendung der RAL in Bayern. München 2013
- Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr (STMI): Erfahrungsbericht zur Anwendung der RAL. München 2015
- Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV): RVS 3.31, Querschnittselemente Freilandstrecken; Verkehrs- und Lichtraum. Wien 2005
- Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV): RVS 3.23, Linienführung. Wien 2001
- Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV): RVS 03.03.33, Dreistreifige Querschnitte (2+1-Querschnitte). Wien 2008
- PIARC: Human factors guideline for safer road infrastructure, PIARC Technical Committee TC 3.1 National Road Safety Policies and Programmes. Matts-Åke BELIN 2008
- PST GmbH: Entwurfsplanung zum Vorhaben „Straßenbau K6908, 1. Bauabschnitt OA Ferch bis OE Petzow“ im Auftrag des Kreisstraßenbetriebs des Landkreises Potsdam – Mittelmark. Werder (Havel) 2014
- RICHTER, T.; ZIERKE, B.: Ergänzungen der Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL) zur Anwendung beim am Bestand orientierten Um- und Ausbau, Schlussbericht zum FE 02.0293/2007/FRB im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Berlin 2010
- RIEMERSMA, J. B. J.: An empirical study of subjective road categorization, Ergonomics, Vol. 31, No. 4, S. 621 – 630. Soesterberg 1988
- Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV), Nieuwe Ontwerprichtlijn Autosnelwegen (NOA). Rotterdam 2007
- SCHLAG, B.; HEGER, R.; BAIER, M. M.; STEINAUER, B.: Empfehlungen zur Berücksichtigung physiologischer und psychologischer Fähigkeiten und Grenzen der Kraftfahrer bei der Straßenplanung in Brandenburg. Dresden 2002
- SCHLAG, B.; VOIGT, J.; LIPPOLD, C.; ENZFELDER, K.: Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen, Entwurf Schlussbericht (Nachtrag) zum FE 82.0355/2007 im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Dresden 2013
- SCHNÜLL, R.; HANDTKE, N.; SEITZ, K.: Sicherheitswirksamkeit ausgewählter Straßenbaumaßnahmen im Lande Brandenburg, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Straßenbau, Heft S 16. Bergisch Gladbach 1997

- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt: Durchführungserlass zur Anwendung der RAL in Berlin. Berlin 2013
- Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWA): Durchführungserlass zur Anwendung der RAL in Sachsen. Dresden 2013
- Straßenverkehrs-Ordnung (StVO): Straßenverkehrs-Ordnung, Neufassung vom 06.03.2013, BGBl. I S. 367, in Kraft getreten am 01.04.2013. Berlin 2013
- THEEUWES, J.; GODTHELP, H.: Self-explaining roads, *Safety Science* 19 (1995), S. 217 – 225. Soesterberg 1995
- Thüringer Landesamt für Bau und Verkehr (TLBV): Erfahrungsbericht zur Anwendung der RAL. Erfurt 2015
- Thüringer Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr (TMBLV): Durchführungserlass zur Anwendung der RAL in Thüringen. Erfurt 2013
- VAA, T.; GLAD, A.; SAGBERG, F.; BJØRNSKAU, T.; BERGE, G.: Factors which affect driving speeds, Literature studies and hypotheses, SIP Driver behaviour models: Report 2, TØI report 601/2002. Oslo 2002
- VÄGVERKET: Safe traffic, Vision Zero on the move. Borlänge 2006
- VAN SCHAGEN, I. N. L. G.; DIJKSTRA, A.; CLAESSENS, F. M. M.; JANSSEN, W. H.: Herkenning van duurzaam-veilige wegcategorieën - Selectie van potentieel relevante kenmerken en uitwerking van de onderzoeksoepzet. Leidschendam 1999
- VEAPLAN Rostock GbR: Planfeststellungsunterlagen zum Vorhaben „B 96n, Zubringer Stralsund/Rügen, Streckenabschnitt Bergen-Samtens-Altefähr“ im Auftrag des Landesamtes für Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern. Rostock 2009
- Vejdirektoratet: TRAFIKAREALER, LAND, HÆFTE 3, TVÆRPROFILER Håndbog. Denmark 2006a
- Vejdirektoratet: TRAFIKAREALER, LAND, HÆFTE 3x, TVÆRPROFILER Eksempler. Denmark 2006b
- VIETEN, M.; DOHMEN, R.; DÜRHAGER, U.; LEGGE, K.: Quantifizierung der Sicherheitswirkungen verschiedener Bau-, Gestaltungs- und Betriebsformen auf Landstraßen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 201. Bergisch Gladbach 2010
- ZEB: Zustandserfassung und Bewertung, Befahrungsbilder der Bundesstraßen 2008
- ZEB: Zustandserfassung und Bewertung, Befahrungsbilder der Bundesstraßen 2004
- ZIERKE, B.: Sichere Gestaltung von Landstraßen durch definierte Straßentypen, Dissertation an der Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme der Technischen Universität Berlin. Berlin 2010
- ZWIELICH, F.; REKER, K.; FLACH, J.: Fahrverhaltensbeobachtungen auf Landstraßen am Beispiel von Baumalleen. Eine Untersuchung mit dem Fahrzeug zur Interaktionsforschung Straßenverkehr, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 124. Bergisch Gladbach 2001

## Bilder

- Bild 1: Streckenzüge und Netzabschnitte im Zuge einer Verbindung (FGSV, 2012)
- Bild 2: Regelquerschnitt RQ 15,5 (FGSV, 2012)
- Bild 3: Regelquerschnitt RQ 11,5+ mit Überholfahrstreifen (FGSV, 2012)
- Bild 4: Regelquerschnitt RQ 11,5+ ohne Überholfahrstreifen mit durchgehender Doppellinie (FGSV, 2012)
- Bild 5: Regelquerschnitt RQ 11,5+ ohne Überholfahrstreifen mit doppelter Leitlinie (FGSV, 2012)
- Bild 6: Regelquerschnitt RQ 11 (FGSV, 2012)
- Bild 7: Regelquerschnitt RQ 9 (FGSV, 2012)
- Bild 8: Regelquerschnitt RQ 21 (FGSV, 2012)
- Bild 9: Entscheidungsbaum für Straßen der EKL 1 (FGSV, 2009a)
- Bild 10: Entscheidungsbaum für Straßen der EKL 2 (FGSV, 2009a)
- Bild 11: Entscheidungsbaum für Straßen der EKL 3 (FGSV, 2009a)
- Bild 12: Entscheidungsbaum für Straßen der EKL 4 (FGSV, 2009a)
- Bild 13: Einteilung des niederländischen Straßennetzes (CROW, 2013c)
- Bild 14: Flächenerschließende Straße mit baulicher Richtungstrennung (GOW I) (CROW, 2008)
- Bild 15: Flächenerschließende Straße mit einem einbahnigen Querschnitt (GOW II) (CROW, 2008)
- Bild 16: Anbindungsstraße des Typs ETW I (MATENA U. A., 2006)
- Bild 17: regionale Hauptverbindungsstraße ohne bauliche Mitteltrennung (CROW, 2004)
- Bild 18: Querschnitt des Typs I 2x1 der Hauptverbindungsstraßen (Maße in [cm]) (CROW, 2004)
- Bild 19: Querschnitt des Typs GOW II der Flächenerschließenden Straßen (Maße in [cm]) (CROW, 2004)
- Bild 20: Kombination von zulässigen Höchstgeschwindigkeiten und Straßenkategorien (VEJDIREKTORATET, 2006a)
- Bild 21: 2+1-Straße in Schweden (DERR, 2003)
- Bild 22: 2+1-Straßen in Irland (NRA, 2004)
- Bild 23: 2+1-Straße ohne bauliche Fahrtrichtungstrennung in Finnland (DERR, 2003)
- Bild 24: Knotenpunkt im Zuge von 2+1-Straßen in Finnland (DERR, 2003)
- Bild 25: Übergangsbereich zwischen Markierungen als einstreifige und als zweistreifige Straße (HERRSTEDT, 2007)
- Bild 26: Regelkreis Fahrer - Fahrzeug - Straße (DURTH, 1974)
- Bild 27: Vorgehen
- Bild 28: Messfahrzeug UNO
- Bild 29: Ansicht aus dem Programm RoadView
- Bild 30: Zeichen 274-50 StVO (MIL/MI, 2011)
- Bild 31: Straße mit schmalen Querschnitt (NORTA, 2013)
- Bild 32: Wahl der Mindestfahrbahnbreite in Abhängigkeit von der Begegnungswahrscheinlichkeit (HEß, 2015)
- Bild 33: Lage der Pilotstrecken (Kartengrundlage: BRENNEMANN, 2014)
- Bild 34: Beginn eines dreistreifigen Abschnitts der B 169 in Blickrichtung nach einem plangleichen KP mit LSA im Anschluss an eine Mittelinsel
- Bild 35: Übergang in Blickrichtung zwischen einem zweistreifigen Abschnitt des Bestands und einem dreistreifigen Abschnitt der EKL 1 auf der freien Strecke der B 169
- Bild 36: Übergangsbereich der B 96n auf der freien Strecke (VEAPLAN ROSTOCK GBR, 2009)
- Bild 37: Übergangsbereich im Zuge der S 177
- Bild 38: Gestaltungsvorschlag für einen Übergang einer Straße der EKL 1 zu einer Ortschaft
- Bild 39: SQ 18 im Zuge der B 173 (STAATLICHES BAUAMT BAYREUTH)
- Bild 40: Bushaltestelle auf der B 87 im Knotenpunktbereich
- Bild 41: Bushaltestelle im Zuge der B 169
- Bild 42: Übergang der L 48 am plangleichen Knotenpunkt ohne LSA
- Bild 43: Übergang der B 3 am teilplangleichen Knotenpunkt
- Bild 44: Übergang der L 48 an einer Ortstafel
- Bild 45: Übergang der L 48 an einer Mittelinsel

- Bild 46: Übergang am planfreien KP der B 173 (STAATLICHES BAUAMT BAYREUTH)
- Bild 47: Übergang eines dreistreifigen Bereichs der B 101 auf der freien Strecke
- Bild 48: Übergang eines zweistreifigen Bereichs der B 169 zu einem zweistreifigen Bereich der bestehenden Straße auf der freien Strecke
- Bild 49: Markierung an Engstellen
- Bild 50: Markierung KP K 7730/K 7740 (SCHLAG U. A., 2013)
- Bild 51: Markierung KP S 47/Gemeindeverbindungsstraße
- Bild 52: Kreuzungsbereich S 47/Geh- und Radweg
- Bild 53: Bushaltestelle auf der K 6908 im Knotenpunktbereich
- Bild 54: Gestaltung einer Feldzufahrt im Zuge der K 8239
- Bild 55: Markierung eines asphaltierten Wirtschaftsweges mit niederrangiger Bedeutung im Zuge der K 8217
- Bild 56: Markierung eines asphaltierten Wirtschaftsweges mit höherrangiger Bedeutung im Zuge der K 8217
- Bild 57: Befestigte Feldzufahrt der S 47
- Bild 58: Grundstückszufahrt im Zuge der K 9238
- Bild 59: Bushaltestelle im Zuge der der K 18
- Bild 60: Phantommarkierungen (Leitlinie in der Fahrbahnmitte) auf der K 8240
- Bild 61: Markierung in engen Kurven
- Bild 62: Übergang der K 6908 an der Ortstafel Petzow
- Bild 63: Übergang der K 8240 innerorts an Bordsteinen
- Bild 64: Übergang außerorts der K 18 am plangleichen Knotenpunkt
- Bild 65: Markierungsplan Knotenpunkt K 9238/K 7271 (LANDRATSAMT BAUTZEN)
- Bild 66: Gestaltungsvorschlag für den Übergang Schutzstreifen innerorts – EKL 4-Markierung
- Bild 67: Übergangsbereich am KP K 50/L 896 (SCHLAG U. A., 2013)
- Bild 68: Übergangsbereich am KP K 7730/S 184 (SCHLAG U. A., 2013)
- Bild 69: Übergangsbereich am KP L 573/K 59 (SCHLAG U. A., 2013)
- Bild 70: Übergang der K 8239 am plangleichen Knotenpunkt
- Bild 71: Übergang der S 20 nach einem plangleichen KP
- Bild 72: Übergangsbereich der K 8216 auf der freien Strecke
- Bild 73: Übergangsbereich auf der K 7730 auf der freien Strecke (SCHLAG U. A., 2013)
- Bild 74: Strategie zur Übertragung des Prinzips der EKL auf bestehende Straßen
- Bild 75: Strategie zur Übertragung des Prinzips der EKL auf bestehende Straßen

## Tabellen

- Tab. 1: Kurvenmindestradien und Mindestlänge der Kreisbögen nach RAS-L (FGSV, 1995)
- Tab. 2: Klothoidenmindestparameter nach RAS-L (FGSV, 1995)
- Tab. 3: maximale Längsneigung nach RAS-L (FGSV, 1995)
- Tab. 4: Kuppenmindesthalbmesser nach RAS-L (FGSV, 1995)
- Tab. 5: Wannenmindesthalbmesser nach RAS-L (FGSV, 1995)
- Tab. 6: Breiten der Querschnittselemente nach RAS-Q (FGSV, 1995)
- Tab. 7: Entwurfs- und Betriebsmerkmale der Kategoriengruppe A nach RAS (FGSV, 1995)
- Tab. 8: Entwurfsklassen für Landstraßen in Abhängigkeit von der Straßenkategorie, Quelle: FGSV 2012
- Tab. 9: Entwurfsklassen und grundsätzliche Gestaltungsmerkmale (FGSV, 2012)
- Tab. 10: Aufteilung bei Abweichungen vom RQ 9 (FGSV, 2009a)



- Tab. 11: mittlere Unfallrate und angepasste mittlere Unfallkostenrate differenziert nach Knotenpunktarten (VIETEN U. A., 2010)
- Tab. 12: Mindestbreiten der vorhandenen Fahrbahnbefestigungen (RICHTER/ZIERKE, 2010)
- Tab. 13: Festlegung der EKL für Landesstraßen bei Neubau in Baden-Württemberg (MVI, 2014)
- Tab. 14: Festlegung der EKL und der Fahrbahnbreite für Landesstraßen bei Ausbau in Baden-Württemberg (MVI, 2014)
- Tab. 15: Übersicht über die Pilotstrecken der EKL 1
- Tab. 16: Querschnitte der Pilotstrecken der EKL 1 im dreistreifigen Bereich
- Tab. 17: Querschnitte der Pilotstrecken der EKL 1 im zweistreifigen Bereich
- Tab. 18: Übersicht über die Pilotstrecken der EKL 2
- Tab. 19: Querschnitte der Pilotstrecken der EKL 2 im dreistreifigen Bereich
- Tab. 20: Querschnitte der Pilotstrecken der EKL 2 im zweistreifigen Bereich
- Tab. 21: Übersicht über die Pilotstrecken der EKL 3
- Tab. 22: Querschnitte der Pilotstrecken der EKL 3
- Tab. 23: Übersicht über die Pilotstrecken der EKL 4
- Tab. 24: Querschnitte der Pilotstrecken der EKL 4

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Verkehrstechnik“

## 2015

V 253: Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Sicherheit und den Ablauf des Verkehrs in Arbeitsstellen

Baier, Kemper

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 254: Beanspruchung der Straßeninfrastruktur durch Lang-Lkw

Wellner, Uhlig

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 255: Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw

Zimmermann, Riffel, Roos

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 256: Grundlagen für die Einbeziehung der sonstigen Anlagenteile von Straßen in die systematische Straßenerhaltung als Voraussetzung eines umfassenden Asset Managements

Zander, Birbaum, Schmidt

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 257: Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen

Ohm, Fiedler, Zimmermann, Kraxenberger, Maier

Hantschel, Otto € 18,00

V 258: Regionalisierte Erfassung von Straßenwetter-Daten

Holldorb, Streich, Uhlig, Schäufele

€ 18,00

V 259: Berücksichtigung des Schwerverkehrs bei der Modellierung des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten

Geistefeldt, Sievers

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 260: Berechnung der optimalen Streudichte im Straßenwinterdienst

Hausmann

€ 15,50

V 261: Nutzung von Radwegen in Gegenrichtung – Sicherheitsverbesserungen

Alrutz, Bohle, Busek

€ 16,50

V 262: Verkehrstechnische Optimierung des Linksabbiegens vom nachgeordneten Straßennetz auf die Autobahn zur Vermeidung von Falschfahrten

Maier, Pohle, Schmotz, Nirschl, Erbsmehl

€ 16,00

V 263: Verkehrstechnische Bemessung von Landstraßen – Weiterentwicklung der Verfahren

Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff

€ 16,50

V 264: Qualitätsstufenkonzepte zur anlagenübergreifenden Bewertung des Verkehrsablaufs auf Außerortsstraßen

Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff

€ 17,00

V 265: Entwurfstechnische Empfehlungen für Autobahntunnelstrecken

Bark, Kutschera, Resnikow, Baier, Schuckließ

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden

V 266: Verfahren zur Bewertung der Verkehrs- und Angebotsqualität von Hauptverkehrsstraßen

Baier, Hartkopf

€ 14,50

V 267: Analyse der Einflüsse von zusätzlichen Textanzeigen im Bereich von Streckenbeeinflussungsanlagen

Hartz, Saighani, Eng, Deml, Barby

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 268: Motorradunfälle – Einflussfaktoren der Verkehrsinfrastruktur

Hegewald, Fürneisen, Tautz

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

## 2016

V 269: Identifikation von unfallauffälligen Stellen motorisierter Zweiradfahrer innerhalb geschlossener Ortschaften

Pohle, Maier

€ 16,50

V 270: Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf den Straßenbetriebsdienst (KliBet)

Holldorb, Rumpel, Biberach, Gerstengarbe,

Österle, Hoffmann

€ 17,50

V 271: Verfahren zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Ausschreibung von Elementen der Straßeninfrastruktur

Offergeld, Funke, Eschenbruch, Fandrey, Röwekamp

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 272: Einsatzkriterien für Baubetriebsformen

Göttgens, Kemper, Volkenhoff, Oeser,

Geistefeldt, Hohmann

€ 16,00

V 273: Autobahnverzeichnis 2016

Kühnen

€ 25,50

V 274: Liegedauer von Tausalzen auf Landstraßen

Schulz, Zimmermann, Roos

€ 18,00

V 275: Modellversuch für ein effizientes Störfallmanagement auf Bundesautobahnen

Grahl, Skottke

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 276: Psychologische Wirkung von Arbeitsstellen auf die Verkehrsteilnehmer

Petzoldt, Mair, Krems, Roßner, Bullinger

€ 30,50

V 277: Verkehrssicherheit in Einfahrten auf Autobahnen

Kathmann, Roggendorf, Scotti

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 278: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2014

Fitschen, Nordmann

€ 30,50

V 279: HBS-konforme Simulation des Verkehrsablaufs auf Autobahnen

Geistefeldt, Giuliani, Busch, Schendzielorz, Haug,

Vortisch, Leyn, Trapp

€ 23,00

## 2017

V 280: Demografischer Wandel im Straßenbetriebsdienst – Analyse der möglichen Auswirkungen und Entwicklung von Lösungsstrategien

Pollack, Schulz-Ruckriegel

€ 15,50

V 281: Entwicklung von Maßnahmen gegen Unfallhäufungsstellen – Weiterentwicklung der Verfahren

Maier, Berger, Kollmus

€ 17,50

V 282: Aktualisierung des Überholmodells auf Landstraßen  
Lippold, Vettters, Steinert € 19,50

V 283: Bewertungsmodelle für die Verkehrssicherheit von Autobahnen und von Landstraßenknotenpunkten  
Bark, Krähling, Kutschera, Baier, Baier, Klemps-Kohnen, Schuckließ, Maier, Berger € 19,50

V 284: Berücksichtigung des Schwerverkehrs bei der Modellierung des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten  
Geistefeldt, Sievers  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 285: Praxisgerechte Anforderungen an Tausalz  
Kamptner, Thümmeler, Ohmann  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 286: Telematisch gesteuertes Kompaktparken – Grundlagen und Entwicklung  
Kleine, Lehmann € 16,50

V 287: Werkzeuge zur Durchführung des Bestandsaudits und einer erweiterten Streckenkontrolle  
Bark, Kutschera, Resnikow, Follmann, Biederbick € 21,50

V 288: Überholungen von Lang-Lkw - Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf  
Roos, Zimmermann, Köhler  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 289: Verkehrsqualität an verkehrabhängig gesteuerten und koordinierten Lichtsignalanlagen  
Geistefeldt, Giuliani, Vieten, Dias Pais € 20,00

V 290: Fahrleistungserhebung 2014 – Inländerfahrleistung  
Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer, Stock, Lenz, Kuhnimhof, Köhler € 19,00

V 291: Fahrleistungserhebung 2014 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko  
Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer, Stock, Lenz, Kuhnimhof, Köhler € 18,50

V 292: Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw  
Burg, Schrempp, Röbling, Klaas-Wissing, Schreiner  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 293: Ermittlung der geeigneten Verkehrsnachfrage als Bemessungsgrundlage von Straßen  
Geistefeldt, Hohmann, Estel  
Unterauftragnehmer: Manz € 17,50

V 294: Wirtschaftlichkeitsbewertung besonderer Parkverfahren zur Lkw-Parkkapazitätserhöhung an BAB  
Maibach, Tacke, Kießig € 15,50

V 295: Konzentrationen und Frachten organischer Schadstoffe im Straßenabfluss  
Grotehusmann, Lambert, Fuchs, Graf € 16,50

V 296: Parken auf Rastanlagen mit Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen mit Übergröße  
Lippold, Schemmel, Kathmann, Schroeder  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 297: Sicherheitstechnische Überprüfung von Elementen plangleicher Knotenpunkte an Landstraßen  
Zimmermann, Beeh, Schulz, Roos  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 298: Verfahren zur Zusammenführung von Informationen unterschiedlicher Netzanalysesysteme  
Balck, Schüller, Balmberger, Rossol  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 299: Einfluss von Fehlern auf die Qualität von Streckenbeeinflussungsanlagen  
Schwietering, Neumann, Volkenhoff, Fazekas, Jakobs, Oeser  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

## 2018

V 300: Untersuchungen zur Optimierung von Schadstoffrückhalt und Standfestigkeit von Banketten  
Werkenthin, Kluge, Wessolek  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 301: Sicherheitsbewertung von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung  
Kemper, Sümmermann, Baier, Klemps-Kohnen  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 302: Entwicklung einer Fahrstreifenreduktionsbeeinflussungsanlage für Baustellen auf BAB  
Heinrich, Maier, Papageorgiou, Papamichail, Schober, Stamatakis  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 303: Psychologische Wirkungen von Arbeitsstellenlängen, -staffelung und -gestaltung auf die Verkehrsteilnehmer  
Scotti, Kemper, Oeser, Haberstroh, Welter, Jeschke, Skottke € 19,50

V 304: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2015  
Fitschen, Nordmann € 31,00  
Die Ergebnisdateien können als kostenpflichtiger Download unter: [www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de) heruntergeladen werden. € 15,00

V 305: Pilotversuche zur Behandlung der Abwässer von PWC-Anlagen  
Hartmann, Londong € 16,00

V 306: Anpassung des bestehenden Straßennetzes an das Entwurfskonzept der standardisierten Straßen – Pilotprojekt zur Anwendung des M EKLBest  
Lippold, Wittig  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

---

Fordern Sie auch unser kostenloses Gesamtverzeichnis aller lieferbaren Titel an! Dieses sowie alle Titel der Schriftenreihe können Sie unter der folgenden Adresse bestellen:

**Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG**  
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen  
Tel. + (0)421/3 69 03-53 · Fax + (0)421/3 69 03-63

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)